Yellow
9 5/8 x 6 1/8
inside
9 3/8 x 6

# REVUE GÉNÉRALE

DE

# BOTANIQUE

B 3.50

Q
,R
1
V.

# REVUE GÉNÉRALE

DE

# BOTANIQUE

DIRIGÉE PAR

**M. Gaston BONNIER**

MEMBRE DE L'INSTITUT

PROFESSEUR DE BOTANIQUE A LA SORBONNE

---

## TOME TRENTE-ET-UNIÈME

---

PARIS
LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT
4, RUE DANTE, 4
1919

# NOTICE SUR VIVIAND-MOREL

### par M. Gaston BONNIER

---

Un botaniste lyonnais dont les mérites n'ont pas été assez mis en évidence, s'est éteint subitement le 18 décembre 1915 ; c'est Victor-Joseph Viviand-Morel, qui fut Directeur des Cultures d'Alexis Jordan au Jardin de la Cité, à Lyon.

Viviand-Morel était né à Conliège, près de Lons-le-Saunier, en 1843 ; il devint lyonnais, par adoption pourrait-on dire, à partir du moment où il se fixa à Lyon. Là, il fit ses études à l'Ecole de la Martinière et s'éprit de Botanique ainsi que d'Horticulture. A dix-sept ans, il entra comme jardinier chez un horticulteur connu dont l'établissement se trouvait à la Croix-Rousse ; puis il compléta ses connaissances horticoles en allant chez d'autres horticulteurs à Lyon et à Paris. En 1864, il fut nommé sous-chef de l'Ecole botanique du Parc de la Tête-d'Or.

Autodidacte, au contact de la Nature par les fréquentes excursions qu'il faisait autour de Lyon ou même ailleurs, et grâce à l'étude directe du jardin botanique, ne consultant guère que les vieux auteurs, surtout Linné, Viviand-Morel devint un botaniste original, n'ayant eu aucun maître et n'appartenant alors à aucune école.

En 1870, mobilisé à la Première légion du Rhône, Viviand-Morel prit part à la bataille de Nuits et au combat de Chateauneuf. Il reprit ensuite son poste, en 1871, au Jardin botanique de la Tête-d'Or.

Alexis Jordan, remarquant combien ce jardinier émérite avait acquis une profonde connaissance des espèces végétales, et ayant su apprécier le talent dont il faisait preuve dans ses observations, lui proposa en 1873 d'être Directeur du Jardin de la Cité ; Viviand-Morel accepta, et il conserva ce poste, si important au point de vue des cultures expérimentales, jusqu'à la mort de Jordan, en 1902.

Initié par le Maître à ce qu'on appelait alors les « espèces affines », Viviand-Morel, à cause des cultures même qu'il dirigeait, en comprit très rapidement la réalité. Or, c'était l'époque d'une lutte inégale, parmi les botanistes descripteurs, entre les Linnéens partisans des seules « grandes espèces », pour lesquels les formes décrites par Jordan n'étaient que d'infimes variétés, et les Jordaniens pour lesquels la plus minuscule de ces formes devait être considérée comme absolument équivalente à l'une des espèces déjà décrites soit par Linné, soit par la plupart des auteurs de Flores. Lutte inégale, car les Jordaniens, tels que Boreau, Foureau, Verlot aîné, étaient très peu nombreux tandis que presque tous les botanistes d'alors considéraient les formes jordaniennes comme inexistantes, et regardaient Alexis Jordan comme une sorte d'aliéné.

C'était le moment de la discussion entre Decaisne et Jordan sur la notion de l'espèce chez les Poiriers et autres arbres fruitiers, et Decaisne, embrassant le Jordanisme dans une phrase générale, disait que le Maître lyonnais « pulvérisait » les espèces en détruisant la classification.

Mais l'un des premiers, Viviand-Morel, par le fait même qu'il cultivait ces « espèces affines » avec les plus grands soins et à l'abri des hybridations possibles, qu'il les voyait se développer côte à côte dans le même terrain sans que leurs caractères soient modifiés, qu'il voyait croître la même espèce jordanienne dans les terrains les plus différents et dans les conditions les plus diverses sans perdre ses caractéristiques essentielles, ne tarda pas à se rendre compte de l'exactitude des vues d'Alexis Jordan. Et cette conviction ne fit que s'enraciner profondément dans son esprit lorsqu'il put suivre attentivement ces innombrables cultures pendant près de quarante ans.

Cela ne veut pas dire qu'il suivît Jordan dans ses considérations métaphysiques sur la continuité de la création ni qu'il pût croire un seul instant qne telle ou telle espèce de *Hieracium* venait d'apparaître sur le globe. D'ailleurs toute discussion sur ces questions était impossible. Le Maître n'admettait pas d'objection et se montrait toujours d'un absolutisme terrible. Viviand-Morel, très déférent pour Jordan, dont il avait reconnu les grandes qualités, et qui, par certains côtés, avait quelque chose de génial, ne voulut jamais exprimer sa manière de voir particulière, tant que vécut le Maître ; il était d'accord avec lui sur presque tous les faits constatés ; il avait reconnu la réalité positive de l'existence de la plupart des espèces décrites par Jordan, et aucune des publications de Viviand-Morel pendant cette longue période ne présenta la moindre opposition à l' « école des Diviseurs », comme on disait en ce temps.

Mais, quelques années après la mort de Jordan, Viviand-Morel, sans nier en quoi que ce soit l'existence des espèces affines, exprima ses idées sur le rang qu'elles devaient occuper d'après lui dans la classification. Il trouva que le Maître était allé trop loin en mettant toutes ces nouvelles espèces exactement au même niveau que les espèces linnéennes. « Personne, disait-il, n'est obligé d'étudier les espèces affines, mais, puisqu'elles existent, il faut les décrire et les nommer en les subordonnant à des espèces d'un ordre plus élevé. » Aussi Viviand-Morel était-il partisan d'une nomenclature trinominale des espèces et il avait même conçu le projet de rédiger une Flore lyonnaise sous cette forme; il est regrettable qu'il n'ait pas mis ce projet à exécution.

En somme on voit que Viviand-Morel est le botaniste qui le premier ait conçu l'idée de considérer ce qu'on appelle maintenant, avec le Professeur d'Amsterdam Hugo de Vries et avec tous les adeptes des « Mutations », les « grandes espèces » côte-à-côte avec les « petites espèces », tout en admettant que les caractères des secondes, s'ils sont plus difficiles à percevoir, sont aussi constants que les caractères des premières.

Viviand-Morel, que je n'eus le plaisir de voir qu'une seule fois, et lorsque j'étais encore un jeune étudiant, me fit comprendre parfaitement quelles étaient les nuances, en apparence insaisissables, entre diverses séries d'espèces décrites par Jordan. Tout d'abord, il en est quelques-unes qui sont de nouvelles espèces au même titre que les meilleures grandes espèces, par la facilité avec laquelle on aperçoit leurs caractéristiques constantes ; telle est, par exemple, le *Calamintha nepetoides* Jord. D'autres formes décrites par le même auteur — très peu nombreuses d'ailleurs — sont de simples variétés dues à des adaptations presque immédiates; mais ce sont là des erreurs inévitables lorsqu'il s'agit de la description de milliers et de milliers d'espèces. Enfin parmi les espèces affines véritables, c'est-à-dire parmi la presque totalité des formes stables décrites par Jordan, il faut encore distinguer entre celles qui peuvent croître dans la nature aux mêmes localités, dans les mêmes terrains, au milieu les unes des autres, et celles qui semblent spéciales à des régions déterminées où elles végètent dans des conditions spéciales, de telle sorte qu'on ne le rencontre jamais ailleurs. C'est parmi ces dernières seulement qu'on a pu constater qu'à la longue, au bout de cultures répétées pendant trente ans et plus, il s'en est trouvé quelques-unes dont certains caractères avaient changé. J'ai pu constater maintes fois, par mes observations et dans mes cultures combien étaient justifiées ces considérations intéressantes du collaborateur de Jordan.

Viviand-Morel avait une manière toute particulière d'herboriser qu'on ne saurait trop recommander aux botanistes descripteurs. Il ne recueillait pas les plantes uniquement pour les dessécher entre les feuilles d'un herbier, mais, soit quand il allait dans les environs de Lyon, ou dans le Jura, en Dauphiné, en Suisse, même à Fontainebleau, il récoltait de jeunes plants de toutes les espèces intéressantes pour les cultiver soit dans les terrains de cultures de Jordan, soit dans son jardin particulier, lequel renfermait — entre certaines cultures — d'admirables collections vivantes de *Saxifraga* et de *Sempervivum*. Sur ce dernier genre, en particulier, il publia plusieurs notes et avait préparé une importante monographie qui, il faut l'espérer, sera publiée comme œuvre posthume de ce fervent botaniste.

Les publications de Viviand-Morel, dont le nombre dépasse 350, ne sont pas uniquement relatives aux espèces affines. L'auteur avait abordé de très nombreuses questions du plus grand intérêt; telles sont ses études sur l'influence de la nature chimique du sol sur la distribution des espèces, sur l'acclimatation des espèces adventices, sur l'hybridation vraie ou apparente, sur l'origine de diverses plantes cultivées, sur l'examen de très nombreux cas tératologiques, sur le véritable polymorphisme et sur celui résultant seulement du groupement d'espèces distinctes mais très voisines. D'autres notes sont expérimentales et relatives à des essais raisonnés d'acclimatation à la production artificielle d'hybrides, à la production et à la fixation des variétés, à la mutation gemmaire des *Solanum*, etc., sans parler de ses très nombreuses publications horticoles, qui ne sont pas comptées dans le nombre que je viens de donner précédemment et qu'il fit paraître surtout dans la Revue qu'il dirigeait, le *Lyon-horticole*.

Je ne puis mieux terminer cette Notice qu'en citant quelques lignes de l'éloge de Viviand-Morel par M. Octave Meyran, bibliothécaire de la Société botanique de Lyon, brochure parue en 1916 et dans laquelle j'ai puisé la plupart des renseignements qui m'ont servi pour écrire ces quelques pages.

C'est d'abord le portrait très ressemblant de Viviand-Morel dont l'aspect jovial et ouvert formait un si frappant contraste avec celui du Maître Jordan.

« Une physionomie ouverte et franche, des yeux très expressifs, tant soit peu malicieux, que la maladie devait frapper plus tard ; une grosse et forte moustache noire lui donnait une allure un peu militaire que venait tout de suite corriger l'épanouissement d'un sourire un peu railleur, mais tout de même empreint de bonté ; un vaste front que couronnait une forêt de cheveux noirs, toujours rebelles, et qui avaient à peine grisonné. En un mot, une figure sympathique et qui ne s'oubliait plus quand on l'avait vue, ne fut-ce qu'une seule fois. »

Et, à propos des conseils qu'il donnait sans compter aux nouveaux adeptes de la science des végétaux : « Je m'en voudrais, dit M. Meyran, de ne pas rapporter ici les conseils qu'il donnait aux jeunes botanistes au sujet des travaux qu'ils devaient entreprendre. Prenez un genre, disait-il, monotype au besoin, procurez-vous des échantillons d'un peu partout, comparez-les, cultivez-les et décrivez-les ; vous ferez un travail utile. La vérité m'oblige à reconnaître qu'il a prêché dans le désert. Mais n'est-ce pas la destinée de tous les semeurs d'idée ! »

En effet, en Botanique descriptive, il ne suffit pas de regarder et d'observer, il faut suivre les espèces dans leur développement et dans leurs variations ; en un mot, la Botanique descriptive expérimentale peut être la source d'innombrables recherches de la plus grande importance.

Les cultures d'Alexis Jordan ont malheureusement disparu ; et rien ne les a remplacées, mais les conseils de Viviand-Morel peuvent toujours être suivis ; ils sont féconds en travaux à venir, et nous dirons avec M. Meyran :

« Si les hommes disparaissent, leurs œuvres restent avec leur souvenir, et celle de Viviand-Morel demeurera comme un modèle de travail assidu, servi par une intelligence d'élite. On peut lui appliquer, en la modifiant, la parole du poète : « *transit laborando ;* il passa en travaillant. »

# VARIATION
# DES SUBSTANCES HYDROCARBONÉES
# DANS LES FEUILLES

**par M. Émile MICHEL-DURAND**

*(suite)*

## CHAPITRE V

### INFLUENCE DES PRÉCIPITATIONS ATMOSPHÉRIQUES

On a vu au début de ce mémoire que Wehmer d'abord, puis Tucker et Tollens, admettent la possibilité d'entraînement des matières minérales des feuilles, sur la fin de la végétation, par les précipitations atmosphériques, sans toutefois bien préciser. Raoul Combes émet l'opinion que les agents atmosphériques doivent jouer un rôle dans l'évacuation des substances solubles des feuilles et, en particulier, dans l'élimination des principes hydrocarbonés.

Si les eaux de pluie, de rosée etc., en passant sur les feuilles peuvent entraîner des substances solubles contenues dans celles-ci, il s'ensuit :

1° Que sur la fin de la végétation, les eaux de lavage des feuilles, et provenant de la pluie, de la neige ou de la rosée, doivent contenir des substances solubles enlevées aux feuilles et en particulier des sucres.

2° Les feuilles exposées aux intempéries doivent être moins riches en substances solubles et par suite en hydrates de carbone à petite molécule, que des feuilles analogues soustraites au contact de l'eau météorique.

Ce sont ces deux hypothèses que je me suis proposé de vérifier.

**Dispositif adopté.** — Dans ce but, des châssis vitrés ont été disposés de façon à former un abri étanche pour une branche de *Fagus* adhérente à l'arbre. Les dates de mise sous châssis sont indiquées dans le tableau IV qui donne le résultat des analyses. Au-dessous de l'abri étaient placées des cuvettes soigneusement lavées à l'acide chlorhydrique, à l'acide chromique et à l'eau distillée, destinées à recueillir l'eau de rosée. L'abri ayant bien fonctionné au moins dans la deuxième expérience, les cuvettes contiennent toutes un peu d'eau qui provient de la rosée condensée sur les feuilles. L'eau condensée, en s'écoulant, a pu entraîner des substances dissoutes. Les cuvettes ont été lavées deux fois à l'eau distillée froide, les liquides ont été recueillis et filtrés.

1° **Recherche des sucres dans les eaux de rosée.** — Si la rosée des feuilles a entraîné des sucres nous devons retrouver ces derniers dans le liquide précédent.

Le liquide obtenu, environ 2 litres, est versé dans un ballon et concentré dans le vide à une température aussi basse que possible, jusqu'à un volume d'environ 40 $cm^3$. Le résidu de distillation est ramené exactement à 40 $cm^3$ par son complément d'eau distillée. 20 $cm^3$ prélevés sont dosés suivant la méthode de G. Bertrand. Le nombre obtenu, multiplié par deux, représente la somme des sucres réducteurs contenus dans l'eau de rosée.

Les 20 $cm^3$ restant sont additionnés de quelques $cm^3$ d'invertine préparée suivant le procédé Bourquelot, laissés 4 jours à l'étuve à 56°, puis ramenés à 40 $cm^3$ ; 20 $cm^3$ sont prélevés et dosés. Le nombre obtenu, multiplié par 4, représente la somme des sucres réducteurs et non réducteurs entraînés par les eaux de rosée. Par différence, on obtient la quantité de sucres non réducteurs correspondante.

Les 20 $cm^3$ laissés de côté sont additionnés de $0^{cm^3},4$ d'acide sulfurique à 20 °/₀, et placés à l'autoclave pendant 60 min. à 120°. Le liquide d'hydrolyse neutralisé, ramené à 20 $cm^3$ par son complément d'eau distillée, est dosé. Le nombre obtenu multiplié par 4 représente la somme des sucres réducteurs, non réducteurs, glucosidiques ou provenant des dextrines, que la rosée a pu entraîner. Par soustraction il est donc facile de faire la part qui revient aux deux dernières de ces substances prises ensemble.

*Résultats de l'analyse :*

| | |
|---|---|
| Sucres réducteurs | 15 mgr. |
| Sucres non réducteurs | ? |
| Glucosides + dextrines | traces |

L'entraînement des sucres par les précipitations atmosphériques est donc un fait établi.

**2° Analyse des feuilles abritées de *Fagus*.** — Cette analyse a été effectuée simultanément avec les divers lots de feuilles de *Fagus* déjà étudiés et restés à l'air libre.

L'analyse comparée :

des feuilles de *Fagus* abritées
des feuilles de *Fagus* restées à l'air libre

et fixées en même temps, nous permettra d'établir le rôle des précipitations atmosphériques dans l'évacuation automnale. Les tableaux suivants donnent les résultats des analyses rapportés à 1000 feuilles et à 100 gr. de substance sèche et qui ont porté :

*a)* Sur des feuilles de *Fagus* placées à l'air libre, dans les conditions naturelles de végétation et par conséquent soumises aux intempéries.

*b)* Sur des feuilles abritées du même arbre et placées dans les mêmes conditions que les précédentes, mais soustraites à l'influence des agents atmosphériques. Les résultats obtenus sont les suivants :

## TABLEAU IV

### FEUILLES ABRITÉES ET NON ABRITÉES DE *FAGUS SILVATICA*

| RÉSULTATS DES ANALYSES, EN GR., RAPPORTÉS A 1000 FEUILLES | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DATES DE RÉCOLTE DES FEUILLES | | POIDS SEC TOTAL en grammes | SUCRES RÉDUCT$^{rs}$ | SUCRES NON RÉDUCT$^{rs}$ | GLUCOSIDES | DEXTRINES | AMIDON |
| 10 Octob. | *f. abritées.* | 112,7 | 3,535 | 0,933 | 3,893 | 0,200 | — |
| *f. vertes* | *f. non abrit.* | 105,5 | 1,900 | 0,500 | 2,300 | 0,150 | 0,750 |
| 3 Nove$^{mb}$. | *f. abritées* | 99,7 | 2,884 | 0,230 | 0,653 | 0,300 | 0,330 |
| *f. brunes.* | *f. non abrit.* | 91,1 | 2,087 | 0,312 | 0,100 | 0,135 | 0,175 |
| 18 Décembre. | *f. abritées.* | 91,9 | 0,680 | 0,110 | 0,133 | 0,102 | 0,184 |
| *f. tombées* en Octobre | *f. non abrit.* | 87,5 | 0,575 | 0,045 | 0,130 | 0,170 | 0,175 |

1° Le poids sec des feuilles abritées est toujours supérieur à celui des feuilles non abritées. L'entrainement des substances minérales ou organiques par les agents atmosphériques est donc indiscutable.

## TABLEAU IV bis.

### FEUILLES DE *FAGUS* ABRITÉES ET NON ABRITÉES

| RÉSULTATS DES ANALYSES, EN GR., RAPPORTÉS A 100 GR. DE SUBTANCE SÈCHE | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| DATES DE RÉCOLTE DES FEUILLES | | SUCRES Réducteurs | SUCRES non réduct. | Glucosides | DEXTRINES | AMIDON |
| 10 Octobre | *f. abritées.* | 3, 136 | 0, 827 | 3, 446 | 0, 177 | — |
| | *f. non abritées.* | 1, 800 | 0, 474 | 2, 180 | 0, 147 | 0, 710 |
| 3 Novem$^{bre}$ | *f. abritées.* | 2, 892 | 0, 230 | 0, 650 | 0, 300 | 0, 330 |
| | *f. non abritées.* | 2, 293 | 0, 342 | 0, 109 | 0, 148 | 0, 192 |
| 18 Déce$^{bre}$ | *f. abritées.* | 0, 740 | 0, 120 | 0, 144 | 0, 110 | 0, 200 |
| | *f. non abritées.* | 0, 657 | 0, 051 | 0, 148 | 0, 182 | 0, 200 |

2° La considération globale des hydrates de carbone est non moins caractéristique : sucres réducteurs, sucres non réducteurs, glucosides, se rencontrent toujours en plus grande abondance dans les feuilles abritées : les dextrines suivent la même loi ; cependant, il se produit une légère hausse de ces dernières dans les feuilles non abritées de décembre.

3° L'amidon subsiste toujours, mais les différences sont du même ordre que celles des hydrates de carbone solubles.

Les agents atmosphériques ont donc un rôle indiscutable dans l'élimination des principes solubles et en particulier des hydrates de carbone ; mais d'autres causes concourent également à l'évacuation des substances contenues dans les feuilles. Si le départ des principes solubles était le seul effet des agents atmosphériques, les feuilles cueillies en octobre, fixées seulement en décembre, devraient contenir exactement la même quantité d'hydrates de carbone que des feuilles identiques récoltées en même temps, mais fixées aussitôt après leur récolte. Or il n'en est rien. L'analyse comparée des feuilles cueillies et fixées en octobre et des feuilles cueillies en même temps, mises à l'abri, mais fixées seulement en décembre, montre des différences énormes au point de vue de la richesse de ces feuilles en hydrates de carbone solubles et insolubles. Chez les feuilles cueillies en octobre, abritées, et fixées en décembre, les 2/3 des sucres ont disparu. Les agents atmosphériques n'ont aucune part dans cette élimination qui est cependant parfaitement nette.

Les résultats du tableau IV présentent donc un grand intérêt et mettent nettement en évidence :

1° *l'action d'épuisement des précipitations atmosphériques.*

2° *la disparition des sucres dans les feuilles détachées des arbres.*

## CHAPITRE VI

### RÉSUMÉ DES RÉSULTATS

En résumé, les feuilles sur lesquelles ont porté les analyses indiquent une diminution générale des hydrates de carbone solubles ou insolubles à la fin de la végétation.

1° Les feuilles de *Fagus silvatica*, d'*Ampelopsis hederacea*, de *Betula alba*, après avoir atteint un poids sec maximum vers août-septembre, perdent ensuite de leur poids sec jusqu'au moment de leur chute et cette diminution se continue même après la chute de ces organes.

2° Les feuilles de *Fagus*, de *Betula*, présentent leur teneur maximum en sucres réducteurs dans les feuilles jaunes ; les feuilles d'*Ampelopsis* présentent ce même maximum à l'époque qui précède immédiatement le rougissement des feuilles et qui est l'homologue du stade de jaunissement des feuilles ordinaires. Dans les deux cas, les sucres disparaissent ensuite rapidement.

3° Les sucres non réducteurs ne paraissent pas suivre une loi aussi générale ; ils présentent leur maximum dans les feuilles vertes chez le *Fagus* et le *Betula*. Quant à l'*Ampelopsis*, la teneur en sucres non réducteurs est maxima à l'époque qui précède immédiatement le rougissement. Ces sucres disparaissent ensuite graduellement dans les feuilles plus âgées.

4° Les glucosides suivent exactement la même loi que les sucres non réducteurs ; la teneur maxima en ces principes immédiats est réalisée dans les feuilles vertes, sauf pour l'*Ampelopsis* où le maximum a lieu dans la période qui précède immédiatement le rougissement.

5° Les résultats obtenus en ce qui concerne les dextrines ne permettent pas d'établir une loi générale des variations de ces substances. Tandis qu'elles présentent leur maximum dans les feuilles jaunes chez le *Fagus*, elles atteignent leur maximum dans les feuilles vertes de *Betula* et d'*Ampelopsis*. Elles diminuent ensuite et peuvent même disparaître dans les feuilles plus âgées.

6°.L'amidon, quand il existe, est toujours au maximum dans les feuilles vertes. Il diminue ensuite graduellement. Les feuilles jaunes de *Betula* n'en présentent déjà plus que des traces. Les feuilles « mortes » de *Fagus* en contiennent des quantités qui sont loin d'être négligeables et ce polysaccharide persiste jusqu'au dessèchement complet de la feuille (feuilles conservées jusqu'en décembre).

7° Les amyloïdes se comportent différemment dans les feuilles de *Betula* et d'*Ampelopsis*. Ils sont au maximum dans les feuilles jaunes, de *Betula ;* le maximum est réalisé dans les feuilles vertes d'*Ampelopsis.* Si l'on rapproche ce fait de la présence de l'amidon dans les feuilles de *Betula* et l'absence de ce polysaccharide dans les feuilles d'*Ampelopsis*, on peut admettre que chez ce dernier les amyloïdes représentent les matières de réserve figurées dans le *Betula* par l'amidon.

8° Les celluloses diminuent constamment dans les feuilles d'*Ampelopsis,* depuis le stade vert. C'est l'inverse dans les feuilles de *Betula ;* ces principes hydrocarbonés paraissent atteindre leur maximum dans les feuilles tombées.

9° Le départ des principes hydrocarbonés se continue dans les feuilles détachées des arbres par suite de la respiration de ces organes, et cela jusqu'au dessèchement complet de la feuille.

10° Les feuilles abritées sont toujours plus riches en hydrates de carbone que les feuilles correspondantes exposées aux précipitations atmosphériques. Ces dernières peuvent entraîner des hydrates de carbone solubles comme le montre la présence des sucres dans l'eau de rosée.

## DISCUSSION DES RÉSULTATS ET CONCLUSIONS

Au début de ce mémoire, on a vu que Sachs admettait que les principes minéraux qui sont précieux pour les plantes, l'acide phosphorique et la potasse notamment, émigrent avec l'amidon et les corps protoplasmiques, vers les organes vivaces ; au moment de leur chute, les feuilles ne consistent donc plus qu'en un échafaudage de membranes cellulaires dont les cavités ne renferment que des produits secondaires devenus sans utilité pour la plante. » (1)

Cette hypothèse, devenue classique, a été remise en question dans ces derniers vingt ans par Wehmer, puis par Tucker et Tollens qui s'élèvent contre la migration des matières minérales des feuilles ou, tout au moins, admettent l'intervention des agents atmosphériques. R. Combes admet aussi la possibilité d'élimination des hydrates de carbone solubles par les précipitations atmosphériques. D'ailleurs ces physiologistes, sans rejeter complètement l'hypothèse de Sachs, faute de faits précis, émettent l'opinion que l'évacuation automnale des principes minéraux et organiques des feuilles pourrait certainement recevoir une explication en dehors de la théorie par trop finaliste du retour vers les parties vivaces.

---

(1) Sachs. *Traité de Botanique ;* traduction française de la 3$^{me}$ éd. par Ph. Van Tieghem ; p. 831.

Il résulte de mes recherches qu'il y a effectivement, dans les feuilles des arbres, à la fin de la période végétative, départ des hydrates de carbone contenus dans les feuilles. La diminution graduelle du poids sec constatée, pour les feuilles de *Fagus*, d'*Ampelopsis*, de *Betula*, est déjà significative et il y a tout lieu de croire que c'est là un fait général. Les feuilles caduques s'appauvrissent donc en matières minérales ou organiques dès le mois de septembre, sur la fin de la végétation. Si maintenant nous entrons dans les détails, nous voyons que c'est un fait général pour tous les hydrocarbonés. Les sucres, quel que soit leur degré de condensation et de solubilité, prennent part au mouvement. L'évacuation automnale des feuilles caduques est donc parfaitement établie et nous pouvons dire :

*Que les feuilles, à la fin de la végétation et même après leur chute, deviennent de plus en plus pauvres en hydrates de carbone.*

La vie de la feuille caduque présente donc, au point de vue des hydrocarbonés, les variations suivantes :

1° Accroissement en hydrates de carbone depuis l'éclosion des bourgeons jusqu'en septembre.

2° Maximum en septembre.

3° Diminution graduelle des hydrates de carbone jusqu'à la décomposition complète.

Quelle est exactement l'époque de ce maximum ? Le maximum des sucres réducteurs coïncide justement avec le jaunissement des feuilles ; c'est là un fait à retenir ; c'est au moment où la feuille commence à dépérir, où ses tissus vivants sont probablement déjà isolés de la tige par l'assise séparatrice, qu'elle se trouve gorgée de sucres. Le fait est très net pour le *Fagus* et le *Betula*. Les feuilles correspondantes d'*Ampelopsis* présentent aussi le même phénomène, seulement dans ce cas nous n'avons plus affaire à des feuilles jaunes ; la plus grande partie de ces feuilles sont brunes, quelques-unes sont encore vertes, enfin il se rencontre aussi quelques feuilles rouges. Or ces feuilles correspondent au stade qui précède immédiatement la chute et sont, par suite, les homologues des feuilles jaunes de *Fagus* et de *Betula*.

A ce maximum en sucres solubles correspond l'apparition des premières traces d'anthocyane. Ce fait est à rapprocher des conclusions de R. Combes dans son mémoire sur les rapports des pigments anthocyaniques avec les hydrates de carbone. L'opinion de ce physiologiste est que l'anthocyane se constitue de toutes pièces dans les feuilles aux dépens des principes immédiats qui lui sont nécessaires ; comme la nature glucosidique de ce pigment est rigoureusement démontrée, la baisse considérable en sucres, constatée dans le passage des feuilles d'*Ampelopsis* qui commencent à rougir à des feuilles entièrement rouges, s'expliquerait alors par la transformation partielle des sucres réducteurs et non réducteurs en glucosides anthocyaniques.

Il est donc parfaitement établi que les feuilles tombées sont beaucoup plus pauvres en hydrates de carbone que les feuilles jaunes et les feuilles vertes, *mais en contiennent encore des quantités qui sont loin d'être négligeables*. Les feuilles de *Fagus* tombées contiennent non seulement des quantités considérables de substances hydrocarbonées solubles, mais encore une proportion notable d'amidon ; celles d'*Ampelopsis* et de *Betula* sont encore assez riches en substances amyloïdes et en hémi-celluloses.

Si nous admettons le principe d'utilité ou de non utilité, conséquence immédiate et très souvent employée de l'hypothèse d'émigration, nous sommes amenés à conclure que les dextrines, les sucres réducteurs, qui s'accumulent dans les feuilles avant leur chute et qui sont entraînés avec elles, sont des substances inutiles à la plante considérée.

Il en résulte que le critérium d'utilité, d'inutilité ou de toxicité basé sur l'accumulation ou la persistance de principes immédiats dans les organes caducs des végétaux n'a aucune valeur et peut même entraîner à des déductions complètement fausses. Il est donc à souhaiter qu'un pareil critérium soit entièrement délaissé ou tout au moins n'entre plus en considération pour expliquer le rôle physiologique des principes immédiats chez les végétaux.

On sait depuis les travaux de Tison que dans la généralité des cas et en particulier chez le *Fagus*, *la formation de l'assise séparatrice des feuilles a lieu bien avant leur chute*. Quoique les renseignements fassent à peu près complètement défaut sur l'époque exacte de la formation de l'assise séparatrice, les faits connus nous portent à croire que, dans les feuilles jaunes, les communications avec les parties vivaces du végétal sont à peu près complètement interrompues. La formation de l'assise subéreuse dans le parenchyme, la sclérification des éléments parenchymateux du tissu vasculaire, la formation de thylles dans les vaisseaux du bois et de cals dans les vaisseaux libériens déjà comprimés par les cellules sclérifiées voisines, doivent rendre les communications très difficiles sinon impossibles avec les rameaux. La feuille, à ce moment, paraît être physiologiquement séparée du végétal qui la porte.

A partir du stade du jaunissement, ces feuilles paraissent se comporter au point de vue des hydrates de carbone exactement de la même façon que celles de Deleano (1). Dans un mémoire tout récent ce physiologiste a montré que dans les feuilles de *Vitis vinifera* détachées de la plante à différentes époques de l'année, la respiration se continue longtemps encore. Les expériences de cet auteur dont l'une n'a pas moins de 493 heures de durée, ont montré que ces feuilles consomment tout d'abord les hydrates de carbone du contenu cellulaire ; la membrane cellulosique, elle, reste intacte. Dans cette première période l'amidon disparaît tout d'abord, tandis que les monosaccharides et les disaccharides restent constants ; puis les hydrates de carbone solubles sont brûlés à leur tour. Dès que ces derniers viennent à manquer, la feuille consomme alors les albuminoïdes.

Toutefois si l'hypothèse de l'émigration peut à la rigueur se soutenir tant que la feuille fait corps avec l'arbre, elle ne peut plus expliquer le départ des principes hydrocarbonés dans les feuilles tombées. Il est un fait certain c'est que *l'évacuation des hydrates de carbone se continue même lorsque les feuilles sont détachées de l'arbre.* Il faut donc chercher une autre explication du phénomène.

On sait qu'il y a dans les feuilles formation de composés organiques et émigration de ces composés vers les parties vivaces et les organes reproducteurs. Il est d'autre part d'observation courante que la chlorophylle, sur la fin de la végétation, disparaît graduellement de la feuille ; la synthèse chlorophyllienne diminue donc d'intensité et devient nulle dans les feuilles jaunes où le pigment assimilateur a complètement disparu. Il est possible que dans ces conditions l'émigration des principes immédiats se continue quelque temps encore ; mais il n'y a pas départ complet de tous les principes utiles à la plante et en particulier des sucres, comme il résulte des recherches qui ont été exposées précédemment et établissant la présence de quantités très appréciables de principes hydrocarbonés dans les feuilles tombées. Mes analyses montrent toutefois que la feuille détachée de la plante continue à se vider, ce qui peut s'expliquer de la façon suivante.

---

(1) T. Deleano. *Studien über den Atmungsstoffwechsel abgeschnitter Laubblätter. (Jahrbucher für wiss. Bot.*, Bd. LI, 1912*).*

On a vu, dans l'exposé des résultats, que la teneur maximum en sucres réducteurs se rencontrait dans les feuilles jaunes. Si on consulte le tableau des températures, on voit que ces feuilles ont supporté des températures assez basses et comprises entre + 10° et — 2°. Or on sait, depuis les expériences de Müller-Thürgau sur les tubercules de Pomme de terre, les observations de Fischer, de Lidforss sur les arbres et les arbustes, que dans les organes soumis à un refroidissement oscillant entre 0° et + 6°, l'amidon se transforme en sucres. Dans une série d'analyses que j'ai effectuées dans un autre but, j'ai pu constater la formation de quantités appréciables de sucres réducteurs dans des morceaux de tubercules de Pomme de terre placés dans un milieu dont les températures étaient comprises dans les intervalles suivants :

$$0^\circ < t^\circ < 1^\circ$$
$$1^\circ < t^\circ < 6^\circ$$

Dans ces conditions, l'amidon et peut-être aussi les amyloïdes et les hémicelluloses, subissent une simplification moléculaire aboutissant en dernière analyse à des hydrates de carbone solubles. Ceux-ci seraient alors repris par la respiration qui continuerait la dégradation de la molécule hydrocarbonée jusqu'au stade $CO^2 + H^2O$ ; une quantité plus ou moins considérable des hydrates de carbone solubles ainsi formés, variable d'ailleurs suivant les conditions météorologiques, serait entraînée par les précipitations atmosphériques, comme le démontrent les analyses comparatives de feuilles abritées de *Fagus* et de feuilles analogues non abritées, et la présence de sucres et de glucosides dans les eaux provenant de la rosée condensée sur les feuilles.

Quant au phénomène d'émigration proprement dit, c'est-à-dire ce courant constant de sève élaborée qui va des feuilles vers les parties vivaces de l'arbre, il est probable qu'il joue un certain rôle au début de l'évacuation automnale. Il est possible qu'il y ait de cette façon au début de l'automne, une émigration partielle des hydrates de carbone solubles, mais cette émigration doit être considérée comme la dernière phase d'un phénomène constant pendant la pleine vitalité de la plante qui, sur ses derniers jours, entraînerait vers les parties vivaces plus d'hydrates de carbone solubles que n'en fournit à ce moment la synthèse chlorophyllienne. Ce seraient les derniers reflux de la sève élaborée, mais non, comme on l'avait considéré jusqu'ici, un phénomène spécial à l'automne, une reprise complète et générale de toutes les substances utiles à la plante.

C'est le rôle de l'émigration ainsi entendue que je me propose de déterminer plus loin par des considérations anatomiques, qui permettent de préciser le moment où les communications sont suspendues entre la feuille et la tige et de voir à quel stade correspond cette rupture des communications dans la variation des hydrates de carbone et la disparition de la chlorophylle.

## CHAPITRE VII

### MODIFICATIONS ANATOMIQUES QUI SE PRODUISENT DANS LE PÉTIOLE DES FEUILLES VERS LA FIN DE LA VÉGÉTATION

Les modifications anatomiques qui se produisent en automne dans le pétiole des feuilles caduques et déterminent leur chute sont bien connues aujourd'hui depuis les importants travaux de Tison sur la chute des feuilles. On sait que la défoliation est produite par la gélification d'une assise de cellules du coussinet, qui se différencient dans le cours du développement de la feuille, surtout sur la fin de la végétation.

La formation de cette couche séparatrice dont le rôle est essentiel, est généralement accompagnée d'une ligno-subérisation très nette des cellules environnantes et, au maximum de complication, le système séparateur comprend :

1° une lame ligno-subéreuse supérieure perpendiculaire à la direction des faisceaux libéro-ligneux et qui accompagne la feuille dans sa chute ; c'est la lame de cicatrisation du pétiole.

2° une lame ligno-subéreuse inférieure ou de cicatrisation du rameau sensiblement parallèle à la précédente et toujours mieux différenciée.

3° Entre les deux lames subéro-ligneuses, une ou plusieurs assises de cellules dont les parois restent cellulosiques, gélifient leurs cloisons moyennes et provoquent la chute.

Mais ce système séparateur présente des variations importantes et, suivant les espèces considérées :

1° la lame ligno-subéreuse supérieure peut faire totalement défaut;

2° la lame ligno-subéreuse inférieure peut ne se différencier qu'après la chute de la feuille. Les modifications mentionnées plus haut, sont-elles localisées au parenchyme cortical ou intéressent-elles le tissu conducteur ? Autrement dit les différentes assises séparatrices et ligno-subéreuses présentent-elles des solutions de continuité ?

D'après Tison, la couche séparatrice se produit à travers « le tissu mou des faisceaux » par le même procédé que dans le parenchyme cortical ; les tubes criblés et les vaisseaux seuls sont brisés au moment de la chute de la feuille.

Lorsque la lame ligno-subéreuse et le liège secondaire sous-jacent « se produisent *avant la chute de la feuille,* ces modifications ne portent à peu près que sur les tissus non libéro-ligneux et respectent toujours en grande partie ces derniers. Ceux-ci ne sont envahis qu'ultérieurement par la ligno-subérisation, puis traversés par le liège » (1).

Et ailleurs le même auteur ajoute : « La scléro-subérisation des cellules existantes n'intéresse ni les tubes criblés qui sont le plus souvent écrasés sous la pression des cellules voisines, ni les vaisseaux. Ces derniers se bouchent soit par de la gomme-blessure, soit par des thylles, le plus souvent par les deux à la fois ; quand *il y a formation de thylles, elle a toujours lieu avant la chute des feuilles.* » Il semblerait donc d'après Tison que les seules modifications réalisées dans le tissu conducteur au moment de la chute, se limiteraient à la présence de thylles dans les vaisseaux du bois et de cals dans les tubes criblés.

---

(1) Tison. *Thèse de doctorat,* Caen 1900, p. 83.

**Conclusions physiologiques tirées des faits précédents** — En rapprochant ces faits anatomiques des résultats des analyses de feuilles, les physiologistes ont tiré des conclusions ou formulé des hypothèses qui varient avec les auteurs.

Wehmer (1) s'appuyant sur ce fait d'expérience que la diminution des substances contenues dans les feuilles se poursuit dans ces mêmes organes en plein stade de dépérissement et par conséquent à une époque où l'assise séparatrice est parfaitement différenciée, attribue cette diminution à l'entraînement par les agents atmosphériques. A ce moment, la feuille serait physiologiquement séparée du rameau et toute émigration deviendrait impossible.

Stahl (2) ne partage pas cette manière de voir. Se basant sur les conclusions de Tison et en particulier sur ce fait que le tissu parenchymateux du système vasculaire est presque complètement épargné par la cicatrisation, aussi longtemps que la feuille est adhérente à l'arbre, cet auteur considère l'émigration comme possible jusqu'au moment où la feuille se détache, même en supposant le système ligno-subéreux du parenchyme cortical parfaitement imperméable. Cette opinion est partagée par Swart.

Raoul Combes dans le mémoire auquel j'ai fait si souvent allusion, montre que les conclusions de Tison « ne permettent pas de se ranger à l'opinion de Stahl ».

« D'après Tison en effet, la couche séparatrice se forme à la base du pétiole bien avant la chute de la feuille ». Cette assise se produit à travers le tissu mou des faisceaux « et si la sclérosubérisation n'intéresse pas le tissu vasculaire, celui-ci subit néanmoins des modifications importantes : le liber est écrasé et obturé par des cals, le bois est envahi par des thylles ou de la gomme-blessure et cela, avant la chute des feuilles ».

Aussi l'opinion de Raoul Combes est que « contrairement à l'opinion de Stahl, la circulation est rendue fort difficile, sinon impossible, à travers des tissus subérisés, des vaisseaux ligneux obstrués par des thylles, et des tubes libériens bouchés par des cals ».

(1) Wehmer. *Loc. cit.*

(2) Stahl. *Zur Biologie des Chlorophylls; Laubfarbe und Himmelslicht; Vergibbung und Etiolement.* Iéna, 1909, p. 139-145.

En terminant, le même physiologiste ajoute :

« Tison donne peu de renseignements sur les relations existant entre les époques d'apparition de ces différentes modifications anatomiques et celles auxquelles se produisent les changements de coloration et la chute des feuilles. Il serait donc intéressant de suivre en même temps ces différents phénomènes et surtout de les étudier parallèlement avec les modifications chimiques dont les feuilles sont le siège (1) ».

Tel est le but que je me suis proposé. Mes observations porteront donc surtout sur le tissu conducteur, l'importance des solutions de continuité que peut présenter le système séparateur et l'état du tissu vasculaire aux différents stades de dépérissement de la feuille.

Connaissant :

1° La couleur de la feuille,

2° Sa teneur en hydrates de carbone,

3° L'état de développement du système de séparation,

on aura des données suffisantes pour tirer quelques conclusions physiologiques intéressantes.

### 1° *FAGUS SILVATICA*

D'après Tison, l'observation du pétiole d'une feuille caduque *quelques jours avant sa chute,* montre à la base de la feuille une lame ligno-subéreuse parfaitement différenciée.

Il n'est guère possible de tirer de ce qui précède des conclusions physiologiques précises. Tison a surtout étudié le mécanisme de la chute des feuilles et envisage la question à un point de vue purement anatomique.

Ce qu'il importe de connaître ici, c'est l'époque exacte de la formation de l'assise subéreuse et l'état du système vasculaire au moment de la différenciation maxima du tissu de cicatrisation.

Dans ce but j'ai effectué une série d'observations portant sur 3 séries de feuilles, cueillies en même temps que les organes foliaires analysés correspondants.

| | |
|---|---|
| 1° des feuilles vertes | 13 septembre |
| 2° des feuilles vertes plus âgées | 10 octobre |

---

(1) Raoul Combes. *Opinions actuelles sur les phénomènes physiologiques qui accompagnent la chute des feuilles.* (Revue générale de Botanique, T. XXIII, 1911, pages 161-162).

3° des feuilles jaunes 2 novembre,
ces dernières cueillies quelques jours avant la chute.

**13 Septembre.** En dehors de la présence de l'assise séparatrice et d'une extrême abondance de sphérites d'oxalate de chaux, la base du pétiole ne présente rien de particulier. Le tissu conducteur paraît normal ; cependant, il faut noter l'existence de place en place de dépôts de callose sur les cribles libériens ; mais la présence des cals est purement accidentelle.

Le fonctionnement de la feuille serait donc normal comme l'indique d'autre part l'analyse. La téneur en sucres solubles et insolubles des feuilles de septembre est sensiblement égale à celle des feuilles de juin.

**10 Octobre.** La lame subéro-ligneuse commence à se différencier dans les angles interne et externe de la base du pétiole, sous la forme d'un bourrelet de liège n'intéressant que quelques assises du parenchyme cortical, ainsi que le montre la figure 1.

Le tissu vasculaire présente, lui aussi, d'importantes modifications. Les cribles libériens sont obturés par des dépôts de callose faisant saillie dans l'intérieur des vaisseaux. Les vaisseaux du bois présentent, de place en place, d'abondantes incrustations brunes correspondant vraisemblablement à des dépôts de gomme ligneuse.

On peut donc conclure que les courants de sève brute et nourricière doivent se trouver à cette époque considérablement ralentis à la suite de l'étranglement du parenchyme

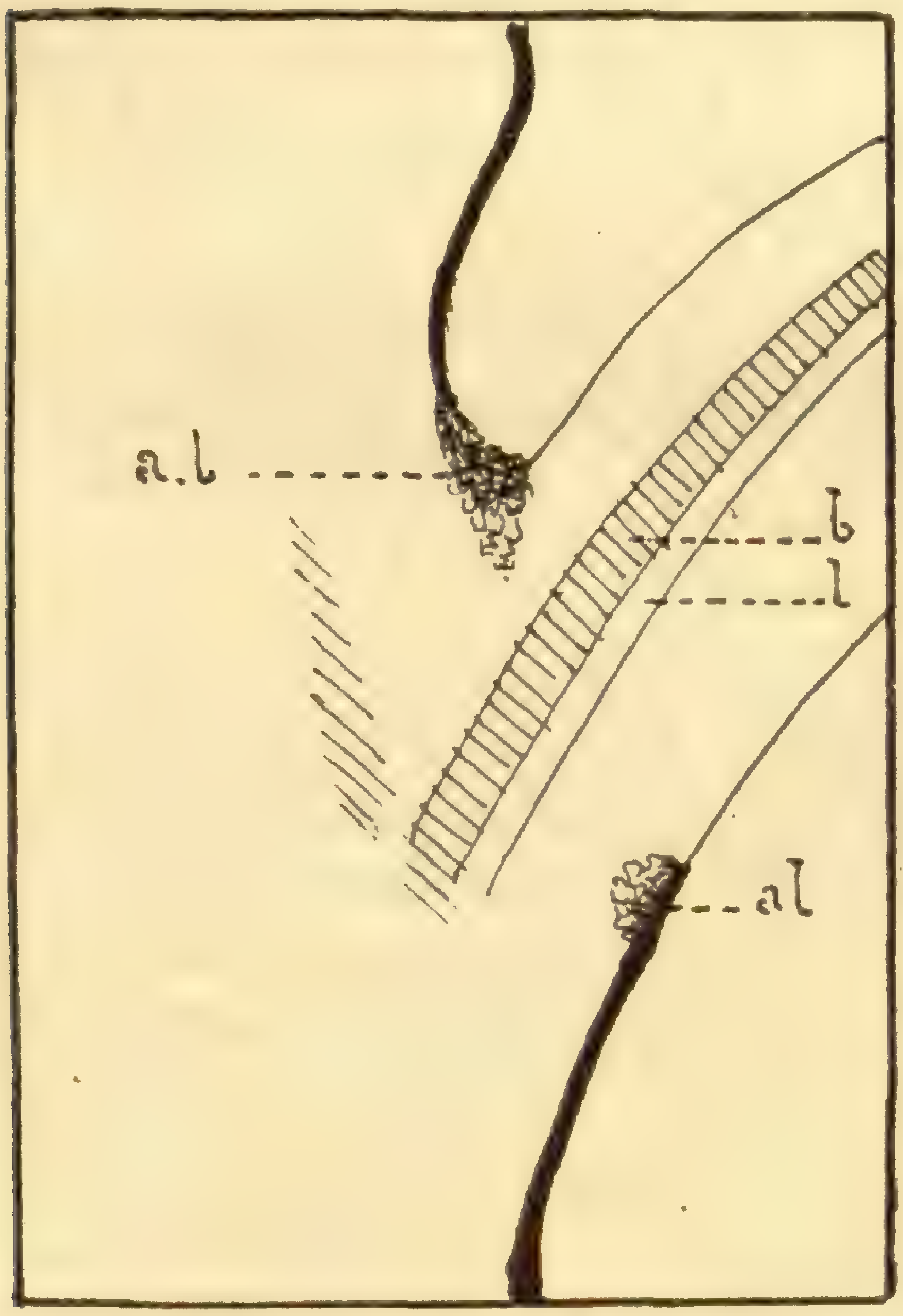


Fig. 1. — al : *assise subéro-ligneuse ;* b : *bois ;* l : *liber.*

cortical, de la présence de callose sur les cribles du liber et de gomme ligneuse dans les vaisseaux du bois. Mais pendant la période 13 septembre-10 octobre, la migration a donc été possible, anatomiquement tout au moins ; les mêmes conclusions se dégagent des analyses, les feuilles vertes d'octobre contenant moins de sucres solubles et insolubles que les feuilles de septembre.

**2 Novembre.** L'assise ligno-subéreuse supérieure est bien développée et continue à travers le parenchyme cortical ; elle s'arrête, comme on le représente dans la figure 2, au niveau du faisceau libéro-ligneux qui reste intact. L'assise ligno-subéreuse inférieure présente un développement plus considérable, surtout dans l'angle externe, où elle s'enfonce en forme de coin dans le tissu conducteur libérien, mais s'arrête à une certaine distance du système ligneux ; la fraction du liber qui sépare l'assise ligno-subéreuse du bois, est écrasée et présente une légère teinte brune indiquant nettement qu'en face de l'anneau ligno-subéreux, le liber est lui-même légèrement imprégné de liège. Dans l'angle interne au contraire la ligno-subérisation est peu accentuée et s'arrête à une faible distance du bois, laissant intactes quelques assises de parenchyme cortical. Les modifications signalées dans les vaisseaux du bois et du liber d'octobre, se retrouvent un peu plus accentuées en novembre.

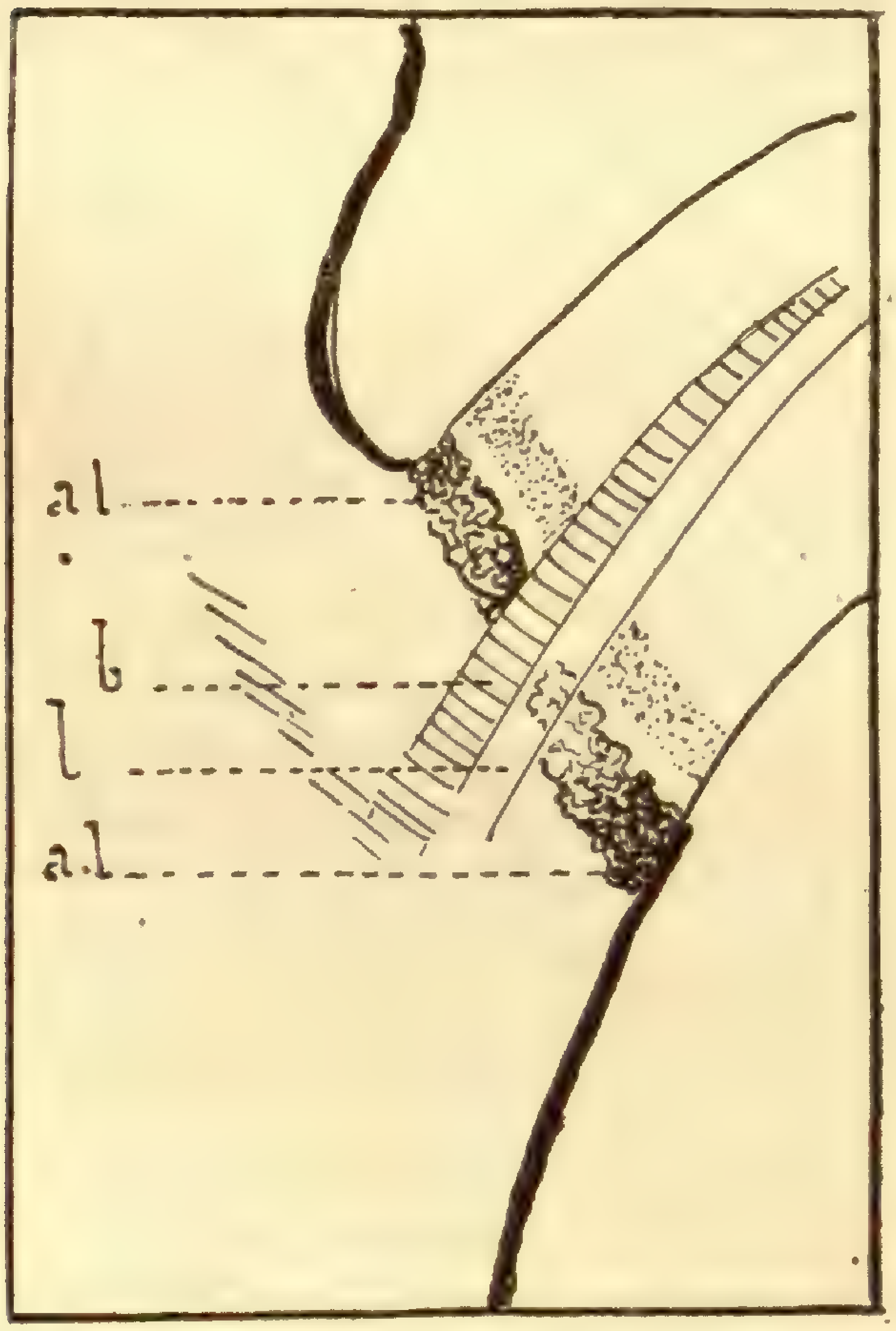


Fig. 2. — al; *assise ligno-subéreuse. :* b.; *bois :* l.; *liber.*

Il en résulte donc que, pendant la dernière période d'octobre à novembre, la migration s'est considérablement ralentie et est même devenue impossible tout au moins dans le système libérien. Le jaunissement des feuilles s'accompagnant toujours d'une simplification moléculaire des substances organiques contenues dans le parenchyme du limbe, les sucres simples en particulier doivent s'accumuler dans la feuille, résultat confirmé par l'analyse chimique ; les feuilles jaunes des arbres sont toujours plus riches en sucres solubles que les feuilles vertes.

### 2° *AMPELOPSIS HEDERACEA*

D'après Tison, la lame ligno-subéreuse placée au-dessous de l'assise séparatrice, présente une épaisseur sensiblement uniforme, une homogénéité et une intensité de lignification sensiblement constantes à travers la base du pétiole. Elle commence à se différencier vers la fin de septembre en commençant par le pourtour externe du coussinet et n'est complète que quelques jours avant la défoliation. A ce moment, les vaisseaux sont en majorité obstrués par des thylles développés, avant la chute de la feuille, dans toute la base du pétiole.

Mes observations ont porté sur 3 séries de feuilles :

| | |
|---|---|
| 1° Sur des feuilles vertes | 15 septembre. |
| 2° Sur des feuilles à moitié rouges | 29 septembre. |
| 3° Sur des feuilles rouges sur le point de tomber | 20 octobre. |

*(A suivre)*

# NOTES BIBLIOGRAPHIQUES

Scott D. H. and Jeffrey E. C. — **On fossil plants, showing structure, from the base of the Waverley shale of Kentucky.** *(Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, sér. B ; vol. 205, pp. 315-373 ; pl. 27-39 ; text-fig. 5 ; 10-9-14*)*.

Les végétaux à structure conservée, dont il est question, ont été trouvés dans des nodules carbonatés des « schistes de Waverley », Kentucky (Amérique). Ces nodules, par leur richesse en phosphate de calcium, ne laissent pas de rappeler ceux de Saalfeld en Thuringe, qui ont fourni à Unger de nouveaux types de plantes fossiles à structure conservée. Quelques-uns de ces genres ont été reconnus dans les nodules du Kentucky ; ce sont : *Calamopitys americana* n. sp. accompagné d'un pétiole du type *Kalymma ; Calamopteris Hippocrepis* n. sp. et *Periastron perforatum* n. sp. En plus de ces genres fossiles, qui leur sont communs avec le niveau de Saalfeld, les schistes de Waverley contiennent quelques genres nouveaux : *Stereopteris annularis* n. g. et *Archæopitys Eastmanni* n. g. avec une espèce nouvelle de *Lepidostrobus, L. kentuckiensis* (1).

*Calamopitys americana* n. sp. se distingue des espèces déjà connues :

1° par la présence, dans la région centrale de la stèle, de trachéides isolées ou groupées, éparses dans le parenchyme médullaire ; structure protostélique, de caractères primitifs.

2° par les traces foliaires formées de deux faisceaux au départ de la stèle, et non pas simples comme dans les autres espèces de *Calamopitys*.

A ce genre, M. de Solms-Laubach a autrefois attribué les pétioles à structure conservée de type *Kalymma*. La découverte d'un pétiole de *Kalymma* en rapport direct avec *C. americana* confirme cette affirmation.

*Calamopteris Hippocrepis* n. sp. Le pétiole ainsi dénommé est bien voisin des *Kalymma*, mais les faisceaux libéroligneux sont nettement collatéraux, à liber externe et leur disposition d'ensemble est en fer à cheval. De part et d'autre d'un plan médian, les faisceaux confluent en deux bandes latérales plus ou moins onduleuses ; de plus, quelques faisceaux se retournent vers le centre dans le prolongement des bandes latérales et leur liber devient interne par places.

---

(1) D'abord appelé *L. Fisheri*, ce *Lepidostrobus* a fait l'objet d'une note corrective. *Phil. Trans...* January, 14, 1915.

*Periastron perforatum* n. sp. Le genre *Periastron* créé par Unger et mieux défini par M. de Solms-Laubach, est surtout caractérisé :

1° par la disposition des faisceaux libéro-ligneux qui occupent une ligne droite ou grand axe de la coupe transverse ellipsoïdale ;

2° par les lacunes de l'écorce. L'absence de canaux à gomme distingue cette espèce du *P. reticulatum* Unger.

A quelle plante appartiennent ces pétioles de type *Periastron ?* On hésite entre les Fougères et les Ptéridospermées. Les faisceaux concentriques, les trachéides scalariformes, ce sont là caractères de Fougères, mais dans aucune Fougère paléozoïque, le pétiole ne contient un tel nombre de faisceaux distincts. En tout cas, que l'on opte pour l'une ou l'autre classe, la disposition des faisceaux est typique et exceptionnelle.

*Stereopteris annularis* n. g., n. sp.. Pétiole à section transversale elliptique, masse ligneuse centrale, compacte, renflée en son milieu, constituée par un seul faisceau à pôles externes : une gaine de fibres, sans doute péricycliques, entoure le cordon ligneux ; l'écorce interne offre des séries rayonnantes de cellules et l'écorce externe une zone de fibres scléreuses hypodermiques. Le nom du genre dit la solidité du ligneux et des fibres, et l'adjectif *annularis* indique la présence de nombreuses zones sur la coupe transversale.

Ce genre nouveau doit avoir sa place parmi les *Primofilices* d'Arber *(Cœnoptéridées* de Seward) et présente des analogies de structure avec les *Zygoptéridées.* La forme du cordon ligneux, la situation externe du protoxylème rappelleraient des caractères du g. *Etapteris* P. Bertrand. Mais la comparaison, qu'on peut établir avec les divers genres de *Zygoptéridées,* ne peut être poussée fort avant et le *Stereopteris* constitue un genre bien à part.

*Archæopitys Eastmanii* n. g., n. sp.. Tige d'une plante qui se range dans la famille des *Pityées,* comprenant les genres *Pitys, Callixylon,* et *Archæopitys* et entrant pour une part dans le groupement des *Cordaitales.* Le genre *Archæopitys* est caractérisé, entre autres, par la moelle traversée de cordons mésarches de bois primaire ; les cordons périmédullaires sont aussi mésarches ; chaque cordon médullaire sort de la moelle isolément et se soude à un cordon périmédullaire. La structure de la tige n'est pas protostélique comme chez les *Heterangium* ou chez le *Calamopitys americana.* Il y a ici une moelle que traversent des faisceaux distincts avec protoxylème spécial.

*Lepidostrobus kentuckiensis* n. sp. C'est l'unique *Lepidostrobus* à structure conservée, qui soit signalé en Amérique. Il ressemble beaucoup à l'echantillon admirablement conservé, qui a été décrit par René Zeiller en 1911, sous le nom de *L. Browni*. Le cône ne comptait pas moins de 35 séries verticales de sporangiophores ; les sporanges n'ont fourni que des microspores en tétrades, pas de macrospores. Le tissu central de l'axe du cône comprend des éléments qui ressemblent à des trachéides scalariformes, mais dont la paroi n'a pas d'ornements ; ce sont « les fibres primitives » des auteurs français, Renault, Hovelacque etc. ; ils donnent l'impression de *xylème* non différencié. Les traces foliaires ont des gaînes scléreuses qui se soudent en une gaîne onduleuse, entourant la stèle. L'écorce moyenne lacuneuse du fossile étudié par R. Zeiller, ne se retrouve pas comme telle dans l'axe du *Lepidostrobus* du Kentucky.

A la suite de ces observations paléobotaniques, les auteurs ont placé une discussion sur l'âge des nodules des schistes de Waverley, qui se trouvent avoir en commun avec le niveau de Thuringe, plusieurs genres et espèces affines. Les nodules de Saalfeld, et par conséquent ceux du Kentucky, seraient du *Carbonifère inférieur* ou peut-être du *Famennien* ou *Dévonien supérieur*.

A. Carpentier

Elisa Mutto et Gino Pollacci. — **Ulteriori ricerche intorno alla variazione di alcune specie di Micromiceti**. (Istituto botanico della R. Università di Pavia e Laboratorio crittogamico italiano, pages 54 à 57, 1917).

Les auteurs concluent que l'espèce *Coniothyrium pirinum* instituée par Sheldon peut être considérée comme un synonyme du *Coniothyrium tirolense* Bubàk ; par contre la *Phyllosticta pirina* Sacc. n'est pas un synonyme du *Coniothyrium pirium* (Sacc) Sheldon.

Les divers milieux de culture employés influent sur les dimensions et la coloration des spores du *Coniothyrium tirolense* Bubàk. Dans des conditions convenables, l'espèce classée comme *Phyllosticta pirina* Sacc. prend les caractères du genre *Ascochyta*.

Avant la formation des pinidiospores, le *Phyllosticta pirina* donne des formes spéciales ressemblant aux spores du genre *Macrosporium*. Les formes décrites par Mutto et Pollacci sont généralement simples, quelquefois réunies en chaînettes.

Jean Friedel

Ethel Doidge. — **South African Perisporiales** (*Transactions of the Royal Society of South Africa*, Volume V, Part. 6, 1917).

L'étude de la Flore de l'Afrique du Sud, surtout de la Flore Cryptogamique, enrichira pendant longtemps encore nos connaissances botaniques. Un travail très intéressant de M. Doidge le démontre amplement.

Ce travail a pour objet les *Perisporiales* de l'Afrique du Sud ; quoique restreint à une quarantaine d'espèces environ, il contient la description de *dix-sept* espèces nouvelles, dont douze appartenant au seul genre *Meliola*.

Les descriptions sont très complètes et faites avec beaucoup de précision. Dix belles planches donnent les caractères microscopiques, tant de ces espèces nouvelles que d'autres décrites antérieurement.

Léon Dufour

Rouéde Joseph. — **Etude anatomique de la germination de quelques Polygonées.** (Diplôme d'études supérieures, n° 181, Paris, 1918).

Les observations ont porté sur les genres *Polygonum*, *Rumex*, *Rheum*. Des coupes transversales ont été pratiquées sur des germinations d'âges très différents dans la racine, l'hypocotyle et les cotylédons.

La racine présente en général le type quatre.

L'hypocotyle présente le type quatre dans les genres *Polygonum* et *Rheum* ; le type deux dans le genre *Rumex*. Quelques plantules de *Rumex* ont présenté soit le type cinq, soit le type trois dans la racine ; mais toutes sont revenues au type deux dans l'hypocotyle.

Le xylème alterne est seul représenté dans la racine, tandis qu'à la base des cotylédons on a déjà le xylème superposé. Il y aurait accélération basifuge, suivant le terme employé par M. Chauveaud ; cette accélération est particulièrement appréciable dans le genre *Rheum*.

Jean Friedel

# CHRONIQUES ET NOUVELLES

Un comité dont le rédacteur en chef est M. **Burton E. Livingstone** vient de se créer à Baltimore (Maryland) dans le but d'organiser la publication de Comptes-Rendus de tous les travaux de Botanique internationaux.

Cette publication, sous le nom de **Botanical Abstracts**, comprendra deux volumes par an, de 300 à 325 pages chacun ; il sera publié un numéro par mois.

Les organisateurs se proposent de fournir *promptement* les titres et les résumés des travaux contenus dans tous les périodiques de Botanique. Ces compte-rendus seront classés par sujets.

Souhaitons le plus grand succès à ce nouveau recueil de Bibliographie qui est appelé à rendre de très importants services à tous ceux qui s'intéressent aux progrès de la Botanique.

L'abonnement d'une année (deux volumes) est de 6 dollars pour les Etats-Unis et 6 dollars et demi pour les autres pays. Le montant de cet abonnement doit être adressé à Williams et Wilkins Company publishers, Baltimore (Maryland) U. S. A.

Nemours.— Imp. Henri Bouloy. *Le Gérant :* Henri Bouloy

# RECHERCHES ANATOMIQUES
SUR QUELQUES
# PLANTES LITTORALES DE MADAGASCAR
par **M. Marcel DENIS**

## INTRODUCTION

Les documents que l'on possède sur la biologie des plantes littorales de Madagascar sont à peu près nuls.

J'ai pensé qu'il serait utile d'entreprendre l'étude d'une partie de cette flore. Aussi, dans ce court Mémoire, exposerai-je les résultats auxquels je suis arrivé après examen d'un certain nombre de plantes recueillies par la mission R. Viguier et H. Humbert, en 1912, sur les sables littoraux, à l'Est de Madagascar.

Ce travail a été fait au laboratoire de Botanique de la Sorbonne. Que M. Gaston Bonnier, Directeur de ce Laboratoire, me permette de lui présenter l'hommage de ma respectueuse gratitude pour la bienveillance avec laquelle il s'est intéressé à mes travaux. Il m'est très agréable de remercier MM. R. Viguier et H. Humbert pour les échantillons qu'ils m'ont communiqués. Je témoignerai une reconnaissance particulière à M. Viguier, Maître de Conférences, tant pour les excellents conseils qu'il m'a donnés que pour la vive sympathie qu'il a eue à mon égard, pendant tout le cours de mes recherches.

## I. LA FLORE LITTORALE

Dans les régions tropicales comme dans les pays tempérés, la flore littorale est formée d'espèces souvent exclusives. Les plantes qui la composent, pouvant très bien se développer dans des sols diversement salés, acquièrent, pour cette raison, des adaptations caractéristiques.

**Méthodes de recherche.** — En dehors de tout essai expérimental, les méthodes d'observation peuvent être utilement employées pour étudier ces adaptations.

On pourrait, comme l'a fait remarquer Chermezon (1910), comparer chaque espèce littorale au plus grand nombre d'espèces voisines mais croissant loin de la mer. Ce procédé, qui permettrait à la rigueur de séparer les caractères d'ordre systématique des caractères d'adaptation, n'est applicable que pour des groupes dont on peut se procurer facilement un grand nombre d'espèces littorales et non littorales. Dans la plupart des pays tempérés une telle étude serait possible malgré les difficultés matérielles qu'elle comporte parce que la flore de l'intérieur, bien connue, permettrait la réunion de tous les éléments de comparaison avec la connaissance de leur station précise.

Il s'en faut que, pour Madagascar, nous puissions en faire autant : la flore de l'île est incomplètement connue et une étude comparée de cette nature ne pourrait guère mettre en évidence que des différences systématiques entre les diverses espèces.

Une autre méthode, plus délicate peut-être à appliquer, consiste à se rendre compte des particularités communes à tous les végétaux littoraux.

Si l'on rencontre une certaine fréquence dans le développement de certains tissus, dans les caractères épidermiques ou les types de structure présentés par la feuille, on ne pourra invoquer autre chose, pour expliquer la constance de ces phénomènes, que l'influence de la station. J'ai cru pouvoir utiliser cette méthode qui avait déjà donné, par ailleurs, d'intéressants résultats. Avant de décrire les espèces étudiées, on me permettra de tracer brièvement les grands traits de structure déjà observés chez les halophytes tempérées et tropicales.

**Caractères des plantes littorales.** — Chermezon (1910) dans un travail fondamental sur les halophytes de France (1) a pu distinguer deux flores littorales : une flore xérophile et une flore halophile auxquelles correspondent des espèces particulières présentant des caractères spéciaux et habitant des stations distinctes.

---

(1) On se reportera à cet intéressant travail pour tout ce qui concerne la bibliographie relative aux halophytes.

La flore xérophile comprend les plantes des dunes et des sables situés en arrière des plages.

La flore halophile englobe toutes les espèces qui croissent sur les plages, les rochers, les galets et à l'entour des marais salés.

« Les plantes de la flore xérophile présentent des caractères xérophiles moyens, consistant avant tout en protections épidermiques (épaississement de la membrane externe, enfoncement des stomates, développement des poils), d'ailleurs rarement très considérables et souvent même assez faibles. Dans les plantes de la flore halophile se rencontre d'ordinaire une carnosité plus ou moins forte des feuilles et même des tiges, les protections épidermiques étant presque toujours très faibles. Les végétaux des deux flores ont en commun divers caractères, notamment une certaine fréquence de l'isolatéralité et une structure du mésophylle assez serrée. » (Chermezon, *loc. cit.*, p. 305).

Pour Schimper (1891), les caractères que présentent les halophytes sont les mêmes que ceux que montrent les xérophytes. Les halophytes ne sont pour lui qu'une catégorie spéciale de xérophytes. Dans son ouvrage d'ensemble (1898) il expose que les halophytes possèdent un certain nombre de caractères xérophiles tels que : position de profil des feuilles, développement des poils, épaississement de la membrane externe de l'épiderme, trachéides dans la feuille, stomates enfoncés, cellules à mucilages et surtout trachéides aquifères.

Dans son remarquable ouvrage d'œcologie, Warming (1909) distingue les halophytes qui poussent dans un sol physiologiquement sec (1) des xérophytes croissant au contraire dans un sol physiquement sec. Toutefois il adopte la même idée que Schimper quant à la xérophilie des halophytes.

---

(1) On sait que le sel entrave l'absorption de l'eau par les racines. Dès lors, tout se passe comme si les halophytes croissaient dans un sol sec.

# II. LES DIVERSES PARTIES DE LA FLORE LITTORALE DE MADAGASCAR

La géographie botanique de Madagascar a fait l'objet d'un travail succinct de la part de R. Viguier (1914). D'après cet auteur je donnerai un tableau provisoire des diverses parties de la flore littorale de l'île.

| RÉGIONS | ASSOCIATIONS | STATIONS |
|---|---|---|
| Occidentale et Orientale | à *Ipomœa Pes-capræ* | plages sableuses. |
| | à *Barringtonia* | plages sableuses. |
| Occidentale | des Palétuviers | sols vaseux de la zone intercotidale. |
| du Sud-Ouest | à *Euphorbia stenoclada* et *cirsioides* | dunes côtières |
| | à Salsolacées | lagunes saumâtres |

La flore des sables de l'Est nous occupera seule, ici.

# III

# LA FLORE DES SABLES LITTORAUX DE L'EST

## A. LES FACTEURS ŒCOLOGIQUES

Le climat, tropical, est caractérisé par :

1° une température élevée et à peu près constante ;

2° des chutes de pluies considérables ;

3° des vents qui soufflent toute l'année d'un centre anticyclone situé au large de l'Océan Indien.

Le sol est formé par un sable corallien, fin, perméable par conséquent, constituant une plage côtière qui s'étend à l'Est du massif gneissique, substratum de toute la région.

En un mot, les plantes de cette région, très insolées, croissent sur un sable meuble et sec. Elles subissent, en outre, l'action des vents violents et salins.

## B. LES ASSOCIATIONS

Comme à Java (1) ou aux Antilles (2) on peut distinguer dans la flore littorale des sables de l'Est deux associations :

1° Une association à *Ipomœa Pes-capræ* installée sur la plage la plus voisine de la côte.

2° Une association à *Barringtonia* (3) qui, plus en arrière, constitue une forêt (4) séparant l'association précédente des formations continentales.

L'association à *Ipomœa Pes-capræ* à laquelle nous nous limiterons, comprend les espèces suivantes :

| | | |
|---|---|---|
| *Cassytha filiformis* L. | Cassythacées | |
| *Tribulus cistoides* L. | Zygophyllacées | |
| *Ionidium buxifolium* Ventenat | Violacées | |
| *Canavalia obtusifolia* DC. | Phaséolées | |
| *Dolichos axillaris* E. Meyer | Phaséolées | Papilionacées |
| *Vigna lutea* Asa Gray | Phaséolées | |
| *Desmodium triflorum* DC. | Hédysarées | |
| *Vinca* sp. | Apocynacées | |
| *Ipomœa Pes-capræ* Sw. | Convolvulacées | |
| *Ipomœa* sp. | Convolvulacées | |
| *Ruellia monanthos* Boj. | Acanthacées | |
| *Hydrophylax madagascariensis* Willd. | Rubiacées | |
| *Scævola Kœnigii* Vahl | Goodéniacées | |
| *Scævola Plumieri* Vahl | Goodéniacées | |
| *Microrhynchus bellidifolius* DC. | Composées | |

---

(1) Voir SCHIMPER (1891).

(2) Voir BÖRGESEN et OVE PAULSEN (1900) et BÖRGESEN (1909).

(3) Pourtant cette association à *Barringtonia* fait place, aux Antilles, à une association correspondante à *Hippomane* et *Coccoloba*.

(4) C'est l'équivalent de la « Dune forest » de Kury (*Forest flora of British Burma*).

La plupart de ces plantes sont couchées ou rampantes, stolonifères et radicantes aux nœuds. Elles sont toutes profondément enracinées. Leurs feuilles sont petites sauf chez 2 ou 3 espèces ; elles présentent une carnosité assez fréquente mais d'intensité variable.

## C. DESCRIPTION ANATOMIQUE DES ESPÈCES

### *Cassytha filiformis* L.

N° 256 (1)

[D. C., Prod. XV. 1. 255]

Les Cassythacées ayant depuis longtemps attiré l'attention des naturalistes par leur intéressant mode de vie, il ne faut pas s'étonner que l'étude de leur biologie, de leur histologie et de leur développement ait fait l'objet d'assez nombreuses recherches.

Notamment le *Cassytha filiformis* a été bien étudié grâce aux travaux de Schmidt (1902), de Boewig (1904) et de Mirande (1905).

Aussi me bornerai-je à rappeler brièvement la structure de la tige adulte et à signaler quelques différences d'adaptation relevées sur mes échantillons littoraux.

Cependant, j'étudierai avec plus de soin l'anatomie des suçoirs qui me paraît encore assez imparfaitement connue.

TIGE. — *Biologie :* La période de vie libre de *C. filiformis* paraît être assez longue. Mirande signale qu'il a pu conserver pendant huit mois des plans de *Cassytha* en dehors de tout hôte. Tout récemment R. Viguier et H. Humbert (1918) ont montré que la même espèce pouvait passer une très grande partie de sa vie sans nullement se fixer.

*Anatomie :* L'épiderme, formé de cellules isodiamétriques, est recouvert d'une forte cuticule.

Les stomates, à ostiole horizontal, sont disposés en files longitudinales. Ils apparaissent dans nos échantillons fortement enfoncés (2).

Jusqu'à l'arc fibreux externe, arc que nous étudierons tout à l'heure, existent 7-8 assises corticales de cellules hexagonales à chlorophylle, présentant aussi çà et là un contenu mucilagineux. Pourtant la 4$^{me}$ assise devient palissadique. Hackenberg (1889) se basant sur des particularités analogues (chlorophylle et tissu palissadique) conclut à l'autonomie du *Cassytha americana*. Ces particularités permettent tout au moins de justifier le développement de notre Cassythe en dehors de tout hôte.

---

(1) Ce numéro se rapporte aux échantillons de l'herbier R. VIGUIER et H. HUMBERT.

(2) Sur les matériaux étudiés par Bœwig, les stomates, au contraire, sont faiblement enfoncés.

L'appareil scléreux est formé de deux rangées concentriques de fibres non lignifiées disposées en amas interrompus.

Les fibres de la zone interne se groupent en arcs limitant extérieurement une lacune située en face de chaque faisceau libérien.

Mirande, le premier, a montré que l'existence de cette lacune est due à la dégénérescence mucilagineuse de cellules-mères primordiales situées dans les jeunes faisceaux libériens, contrairement à l'opinion des anciens auteurs qui croyaient à une dégénérescence du liber ou à une lacune d'origine ligneuse (cf. Chatin).

L'appareil vasculaire est en tous points conforme aux descriptions de Mirande. La moelle plus volumineuse que dans ses échantillons est formée de cellules rondes, grandes et à faibles méats.

En résumé le *C. filiformis* vivant sur les côtes acquiert :

1° Un développement plus grand de la cuticule ;

2° Des stomates beaucoup plus enfoncés ;

3° Une succulence plus forte de la moelle.

SUÇOIRS. — ***Biologie :*** Si l'on en croit Chatin, les Cassythes et plus particulièrement le *Cassytha filiformis* ne pourraient jamais être parasites sur elles-mêmes. Tout au plus, lorsque les tiges ne rencontrant pas de support viendraient à s'enrouler les unes sur les autres, il se développerait au point de contact des appareils adhésifs, mais jamais le suçoir avec son cône perforant n'apparaîtrait réellement à ce niveau.

Boewig, au contraire, signale que les tiges de *Cassytha filiformis* peuvent développer des suçoirs sur des branches voisines du même individu. Un fait analogue se retrouve dans les échantillons que je possède chez lesquels j'ai pu étudier l'anatomie des suçoirs à divers stades du développement.

*Anatomie :* a) Qu'on suppose une tige à moelle très réduite, souvent lignifiée et à parenchyme cortical présentant suivant une direction radiale des cellules allongées, très amylifères, limitées extérieurement par un épiderme subérifié formé de cellules légèrement papilleuses et on aura l'esquisse d'un suçoir considéré à un stade jeune. A la vérité ce suçoir ne joue guère qu'un rôle adhésif.

b) Plus tard il différencie un cône perforant. L'ensemble comprend alors :

1° un appareil adhésif dont l'épiderme se modifie au contact du support, en passant à un tissu formé de cellules nombreuses, serrées et subérifiées.

2° un cône de perforation recouvert d'un épiderme papilleux qui continue le tissu subérifié signalé ci-dessus.

Ce cône est limité vers le suçoir par des cellules comprimées et étirées, nées à l'extérieur de l'arc fibreux cortical et se terminant au bord marginal de l'appareil adhésif. Ces cellules qui forment le « repli fibreux » de Chatin seraient mieux nommées « cellules comprimées » terme que propose Poulsen (1877) pour un tissu analogue observé chez le *Cassytha americana*.

Enfin, le cône perforant différencie dans sa zone axiale, à partir de l'anneau vasculaire du suçoir, des cellules à épaississements ligneux en spirale. Quand on voit, comme l'a remarqué Chatin, de tels éléments se cantonner au voisinage de l'axe de la tige, on peut leur prêter un rôle de renforcement, mais quand on remarque que ces vaisseaux ligneux se mettent en relation avec le xylème de l'hôte, on ne peut se défendre de penser qu'ils jouent un rôle physiologique différent.

c) Souvent l'appareil adhésif *(a)* ne produit pas de cône perforant ; cependant il s'épaissit en différenciant centralement un noyau vasculaire qui remplace tous les éléments parenchymateux jusqu'aux « cellules comprimées ». Toutefois çà et là, certains groupes de cellules restent indifférenciées au milieu du bois.

### ***Tribulus cistoides* L.**

N° 30

[D. C. Prod. 1. 703]

FEUILLE. — Les feuilles de *T. cistoides* sont moyennement épaisses. Leur structure, intermédiaire entre la structure bifaciale et la structure isolatérale staurophylle est comparable à l'organisation du *T. alatus* décrite par Volkens (1887).

Les épidermes supérieur et inférieur sont formés de cellules un peu aplaties, à membrane externe légèrement épaissie et recouverte d'une assez fine cuticule.

Les poils se trouvent aussi fréquemment sur l'épiderme supérieur que sur l'épiderme inférieur.

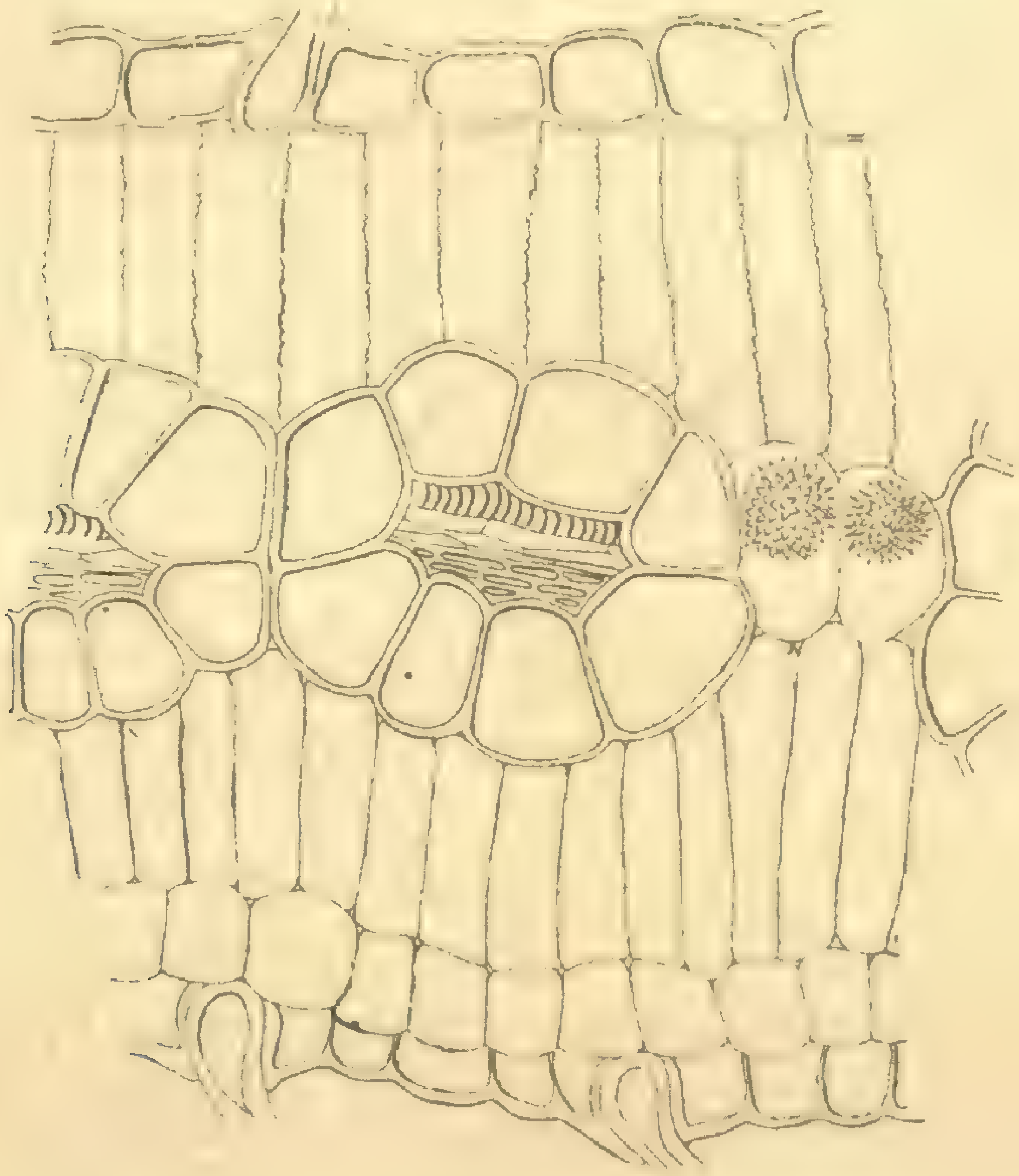


Fig. 1. — *Tribulus cistoides*. Coupe transversale dans la feuille.

Les stomates, nullement enfoncés, se trouvent bien plus souvent à la face supérieure de l'organe qu'en dessous.

Le mésophylle est occupé transversalement par des faisceaux libéro-ligneux entourés d'une gaine de cellules chlorophylliennes présentant souvent une mâcle d'oxalate de calcium.

Entre l'épiderme supérieur et cette gaîne s'étend une assise palissadique de cellules allongées à membrane légèrement ondulée. Sous la gaîne, le mésophylle comprend une assise palissadique de cellules plus courtes que celles qui constituent l'assise supérieure, puis, à l'extérieur, une couche de cellules sous-épidermiques isodiamétriques jouant un rôle aquifère.

Au niveau de la nervure médiane l'assise palissadique supérieure se continue mais, au contraire, l'assise palissadique inférieure diminue progressivement puis disparaît.

Quant à l'assise sous-épidermique, elle augmente d'importance et comprend alors trois rangées de grosses cellules aquifères. Le faisceau vasculaire médian est accompagné, du côté ligneux comme du côté libérien, par quelques couches de collenchyme. Pantanelli (1900) dans un travail sur l'anatomie des Zygophyllacées étudie le *T. terrestris*. Il n'existe pour ainsi dire pas de différence entre la structure qu'il décrit et celle que j'ai observée chez le *T. cistoides*. J'ignore si son échantillon était littoral, mais j'ai pu constater que rien ne différenciait un *T. terrestris* littoral d'un *T. cistoides* au point de vue anatomique.

Oliver (Flora of Tropical Africa), en se basant sur des remarques morphologiques, considérait le *T. cistoides* comme une variété de *T. terrestris*. Les remarques que j'ai faites, en apportant une preuve d'une autre nature, semblent bien confirmer l'opinion de cet auteur.

Pétiole. — La structure du pétiole rappelle à la fois la structure de la tige et celle de la feuille.

L'épiderme, si l'on excepte la restriction qui sera faite tout à l'heure, est constitué par des cellules petites, isodiamétriques, à forte membrane externe et recouvertes d'une cuticule. L'assise sous-épidermique comprend des cellules encore petites, mais le reste du tissu fondamental ne présente que des cellules plus volumineuses séparées par de petits méats. Dans ce tissu se voient cinq faisceaux centraux à capuchon de fibres extralibériennes comme dans la tige, puis, vers la périphérie, deux faisceaux libéro-ligneux à bois tendant à s'inverser. Ces deux derniers faisceaux sont, dans leur partie extérieure, accompagnés de formations qui rappellent tout à fait les tissus de la feuille.

On y voit en effet une gaîne chlorophyllienne surmontée d'un tissu palissadique dont l'analogue ne se retrouve que dans la feuille recouverte, à ce niveau seulement, de cellules épidermiques offrant tous les caractères de l'épiderme foliaire. J'ajouterai que, deci delà, le parenchyme montre des cristaux d'oxalate de calcium associés en mâcles.

Tige. — L'épiderme, glabre, à cellules petites, plates, recouvertes d'une assez épaisse cuticule, entoure une écorce formée de 5-7 assises de grosses cellules à faibles méats. Souvent, des oursins d'oxalate occupent certaines cellules de ce parenchyme. Localement, le péricycle différencie un amas de fibres scléreuses, arrondies, limitant extérieurement le liber primaire. Le liber secondaire, bien développé, forme une couronne continue. Il entoure un anneau ligneux constitué par des travées de vaisseaux alternant avec des travées de fibres.

La moelle, volumineuse, est formée de très grosses cellules à faibles méats contenant quelquefois des mâcles oxalifères.

Racine. — Le bois primaire fait place très tôt à des formations secondaires qui occupent l'axe de l'organe. Elles sont entourées par un liber bien développé qui passe insensiblement à une écorce où quelques assises subéreuses se différencient et exfolient l'assise pilifère. Des rayons du parenchyme pénètrent le bois. Ils contiennent, comme l'écorce et le liber, des réserves amylacées.

### *Ionidium buxifolium* Ventenat.

N° 218

[D. C. Prod. I. 308]

Feuille. — La structure, à peine bifaciale, présente une tendance vers le type staurophylle. L'épiderme supérieur, dépourvu de stomates, est très volumineux ; il est formé de très grosses cellules aquifères recouvertes d'une fine cuticule. Au niveau de la nervure médiane, les cellules épidermiques diminuent d'épaisseur. L'épiderme inférieur comprend des cellules sensiblement plus petites, à membrane externe épaissie et à fine cuticule. Des stomates, non enfoncés, se voient au niveau de cet épiderme.

La zone palissadique comprend 1-2 assises de cellules en général courtes et serrées. La zone inférieure est formée par un tissu lâche de deux rangées d'éléments à méats. Dans les cellules qui entourent les faisceaux libéro-ligneux on trouve des cristaux clinorhombiques.

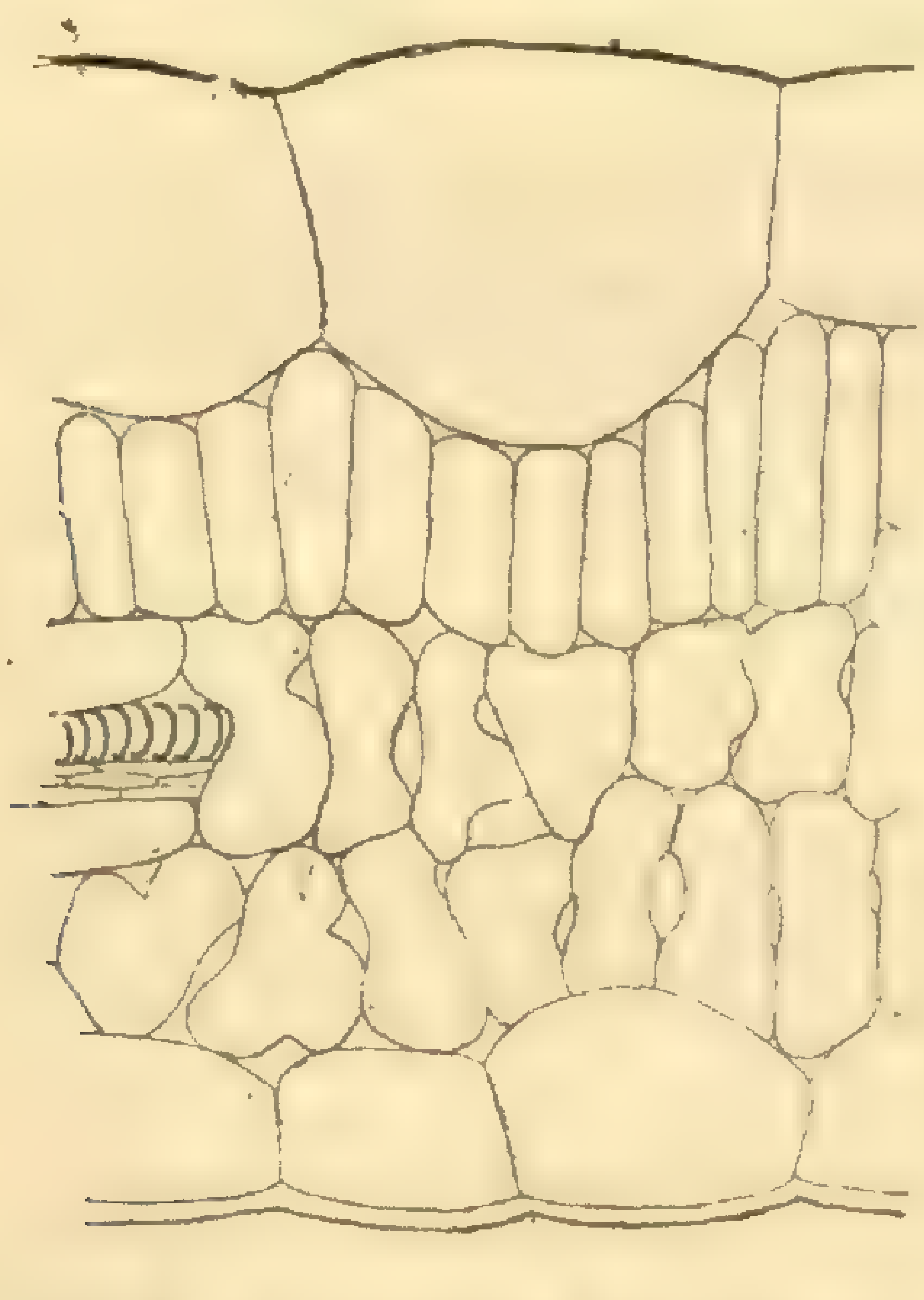


Fig. 2. — *Ionidium buxifolium.* Coupe transversale dans la feuille.

Au niveau de la nervure, le tissu palissadique se poursuit, mais le mésophylle inférieur fait place à des cellules plus grandes et aquifères.

Les poils, très rares, à peu près localisés sur la nervure, ne constituent que de courts prolongements coniques de l'épiderme.

Tige. — La structure de la tige d'*I. buxifolium* rappelle celle des Frankéniacées.

L'épiderme à cellules isodiamétriques est recouvert d'une cuticule nette. Il entoure une écorce formée de huit assises dont les cinq externes, dépourvues d'amidon et de chlorophylle, peuvent jouer le rôle d'un tissu aquifère.

Les assises internes, y compris l'endoderme, sont amylifères.

Le péricycle différencie des cellules serrées, à membrane épaisse, dont la très faible lignification ne peut être décelée que par la réaction de la phloroglucine.

L'anneau libéro-ligneux est continu. Des formations libériennes petites entourent un bois assez peu développé, formé de vaisseaux à petite lumière alternant avec des travées de fibres.

La moelle présente au centre quelques cellules plutôt grandes et à tout petits méats. Des mâcles oxalifères, clairsemées dans l'écorce et plus fréquentes dans la moelle se trouvent à tous les niveaux.

Racine. — Le bois secondaire se développe très tôt et envahit la moelle. Il est entouré par quelques couches de liber que recouvrent des formations péridermiques à liège à peine développé.

### *Canavalia obtusifolia* D. C.

N° 234

[D. C. Prod. II. 704]

Feuille. — L'anatomie de la feuille a été étudiée par Warming (1897), Börgesen et Paulsen (1900), Harshberger (1908) et Lacoste (1916).

L'épiderme supérieur formé d'assez grandes cellules isodiamétriques, est recouvert d'une cuticule mince. Des cellules plus petites constituent l'épiderme inférieur. Les stomates, nullement enfoncés, sont un peu plus fréquents à la face inférieure de la feuille qu'en dessus.

Lacoste indique comme caractéristique de *C. ensiformis* la présence de cristaux oxalifères dans certaines cellules de l'épiderme. Ceci n'est nullement spécial puisqu'on retrouve de pareils éléments non seulement chez des espèces voisines : *C. obtusifolia*, *C. villosa*, etc., mais aussi chez des genres voisins.

Si les poils tecteurs sont rares, au contraire on peut fréquemment trouver des poils glanduleux.

La structure générale du mésophylle est bifaciale. Le tissu palissadique, assez lâche, comprend 2-3 assises de cellules oblongues. Debold (1892) signale un hypoderme chez *C. altissima*. Il n'en existe pas ici. Enfin, 4 assises de cellules laissant entre elles des méats constituent la partie inférieure du mésophylle.

### *Dolichos axillaris* E. Meyer.

N° 211

[E. Meyer. Pl. Afr. Austr. 144]

Feuille. — La feuille a été étudiée par Lacoste (1915). L'épiderme supérieur, très volumineux, est formé de cellules hautes et grandes à membranes contiguës, ondulées. Les stomates y sont un peu déprimés, mais non réellement enfoncés. L'épiderme inférieur est à cellules beaucoup moins volumineuses ; les stomates qu'il présente ne sont pas enfoncés.

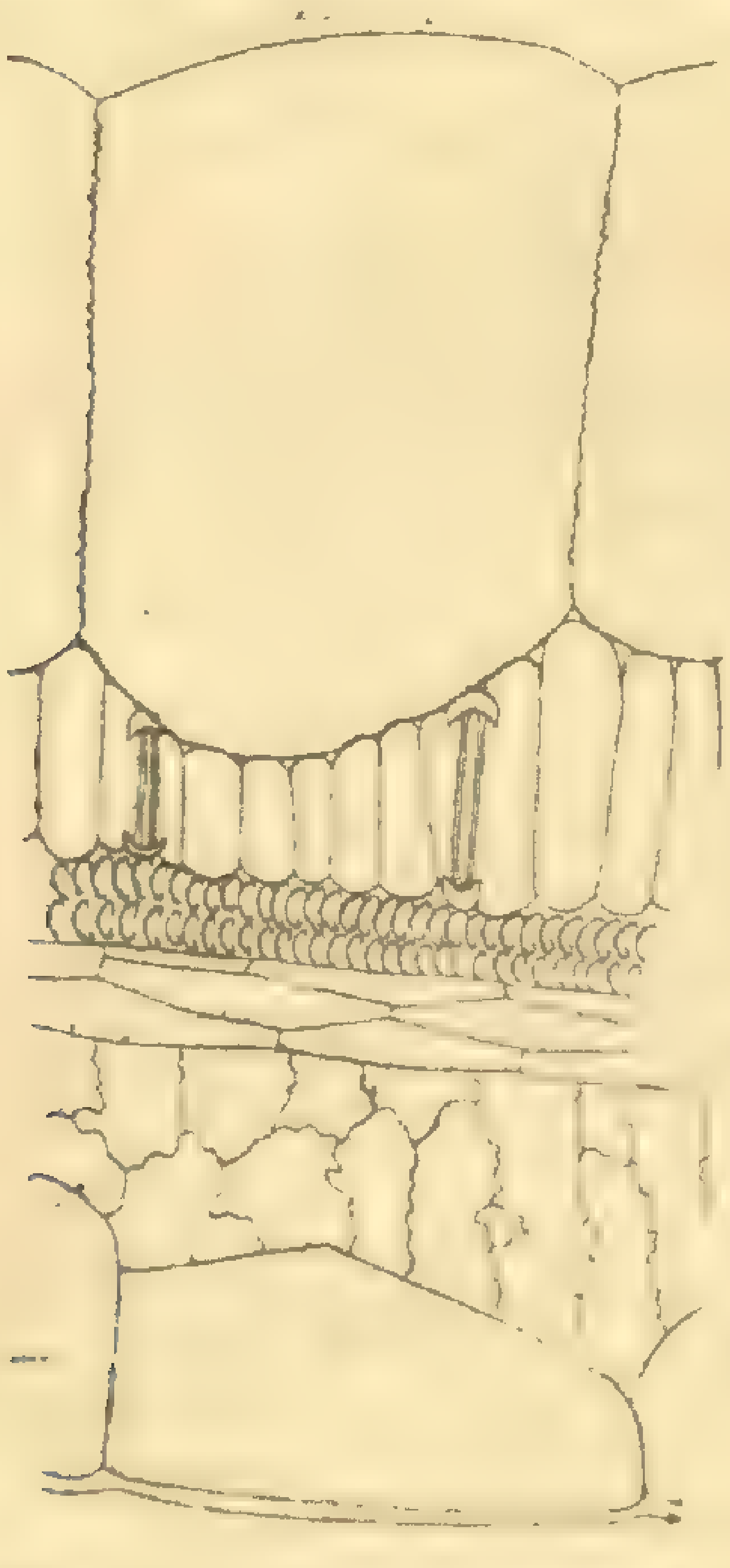


Fig. 3. — *Dolichos axillaris*. Coupe transversale dans la feuille.

La structure, bifaciale, comprend deux zones : un tissu palissadique à 1-2 assises de cellules courtes dont les membranes voisines se plissent finement et un mésophylle lacuneux à 1-2 assises d'éléments de formes diverses. Çà et là se trouvent de courts sclérites terminés par deux crochets à chaque extrémité ; ces sclérites ne semblent pas avoir été observés par Lacoste. Au niveau de la nervure le tissu palissadique disparaît : il est remplacé par un peu de collenchyme ; de plus, les cellules épidermiques diminuent d'épaisseur, enfin, l'assise la plus externe du mésophylle inférieur augmente de volume et devient aquifère.

Tige. — L'écorce est très réduite.

L'épiderme, à cellules allongées et à cuticule épaisse, entoure trois assises de cellules corticales assez petites, grossièrement hexagonales et dépourvues d'amidon.

Les fibres péricycliques, formées de 2-3 rangées d'éléments faiblement lignifiés sont disposées en amas non réellement continus, ce qui est contraire à l'observation de Lacoste (1).

Le liber, moyennement développé, différencie de nombreuses fibres qui ne semblent pas avoir été observées précédemment. Il recouvre des formations ligneuses continues présentant suivant deux régions opposées de nombreux vaisseaux à large lumière. Les fibres ligneuses unissantes sont toutes amylifères. Elles suppléent partiellement au rôle de l'écorce qui est entièrement aquifère.

Le tissu médullaire, à faibles méats, présente quelquefois une lacune centrale.

J'ajouterai que des groupes de cellules à tannin jalonnent çà et là le liber. On en peut voir aussi, quoique plus rarement, dans quelques cellules périmédullaires.

### *Vigna lutea* Asa Gray.

N° 229

[A. Gray. Bot. Amer. Expl. Expedit. I, 454]

Feuille. — Les cellules épidermiques, fort peu bombées, nullement épaisses, sont recouvertes d'une fine cuticule.

Le mésophylle, à peine bifacial, comprend deux rangées d'un tissu palissadique qui est superposé à trois séries d'éléments plus lâches formant la zone inférieure. De nombreux petits sclérites, terminés par deux crochets à chaque extrémité, se trouvent fréquemment dans le mésophylle. Ils sont quelquefois accompagnés d'un petit cristal qui se fixe sur eux.

Pétiole. — La structure du pétiole est assez variable. Les cellules épidermiques, allongées et à fine cuticule, entourent un tissu formé de cellules sinueuses, grandes et sans méats.

Vers le limbe, les éléments vasculaires, disposés en un ovale médian, présentent des files d'éléments ligneux accompagnés de fibres. En outre, il existe deux autres faisceaux latéraux, situés à droite et à gauche du sillon médian.

---

(1) La distinction anatomique entre *Dolichos axillaris* et *Dolichos Lablab*, basée sur ce caractère, perd alors toute sa valeur.

Le liber, à lacunes régulières, est bordé d'un arc fibreux interrompu. A la base du pétiole, l'arc fibreux disparaît et les éléments libéro-ligneux se resserrent vers le centre, laissant ainsi la place à un volumineux parenchyme externe.

Tige. — Les cellules épidermiques, isodiamétriques, présentent des stomates enfoncés.

L'écorce, très réduite, comprend seulement quelques assises. Elle recouvre un arc de fibres péricycliques cellulosiques qui limite un liber à lacunes régulières où se différencient quelques fibres.

Les éléments ligneux, assez peu différenciés, comprennent des vaisseaux larges unis par des fibres.

La moelle, volumineuse, est formée de cellules oblongues et à petits méats.

### *Desmodium triflorum* D. C.

N° 213

[D. C. Prod. II. 334]

Feuille. — Les cellules de l'épiderme supérieur sont sub-papilleuses. Les stomates qu'on y rencontre s'y trouvent enfoncés. Les cellules de l'épiderme inférieur, plus papilleuses encore, sont interrompues par des poils glanduleux surtout nombreux autour de la nervure et par des poils tecteurs portés par un pied court unicellulaire.

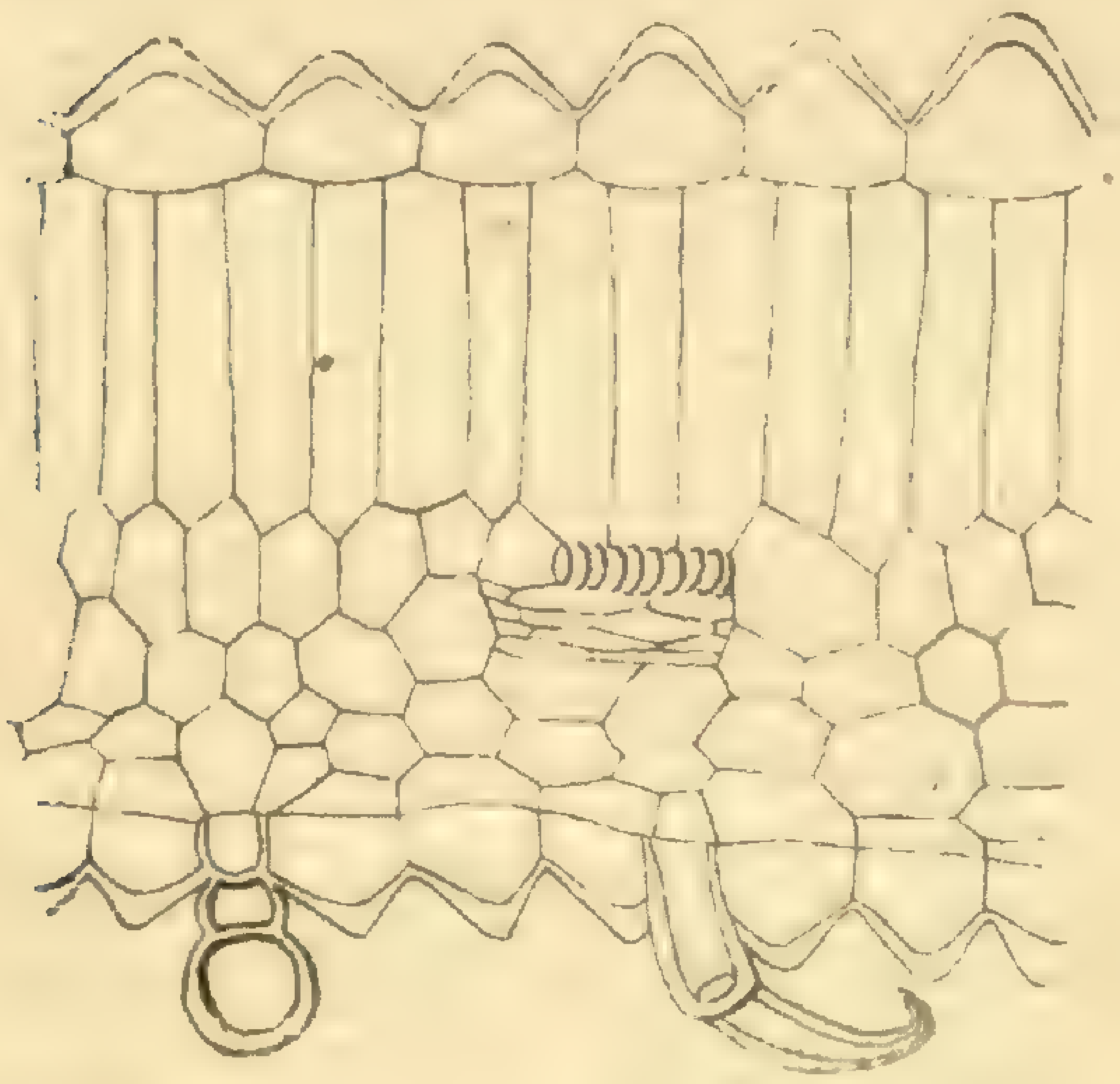


Fig. 4. — *Desmodium triflorum*. Coupe transversale dans la feuille.

Le mésophylle, mince, est bifacial.

Les cellules palissadiques forment une assise qui recouvre quatre rangées d'éléments aplatis et serrés, constituant le parenchyme de la face inférieure.

Au niveau de la nervure, les deux tissus ne présentent aucun changement; toutefois quelques cellules de la zone inférieure se vident de leur protoplasme.

Les faisceaux conducteurs sont coiffés, du côté libérien comme du côté ligneux, par des amas de cellules scléreuses faiblement lignifiées.

Il est intéressant de noter que quelques-unes des fibres extérieures renferment une file de cristaux d'oxalate de calcium.

Pétiole. — Il a une section triangulaire comme le pétiole de *Desmodium mauritianum* (cf. Lacoste). Çà et là, surtout par plages, se trouvent de longs poils tecteurs accompagnés de rares poils glanduleux.

Au milieu du parenchyme fondamental formé de cellules arrondies, se différencient trois faisceaux vasculaires accompagnés d'un arc de fibres extralibériennes.

Tige. — L'écorce, très réduite, comprend seulement 2-4 rangées de cellules arrondies, un peu longues et à méats presque nuls. Elle est recouverte de petites cellules épidermiques à forte cuticule.

Le péricycle différencie deux rangées continues ou presque continues de fibres à peine lignifiées. Le liber, bien développé, mais sans fibres, entoure les formations ligneuses à structure continue composées de vaisseaux nombreux et grands séparés par des fibres.

La moelle, pas très grande, est formée de cellules arrondies, limitant de petits méats.

Racine. — Le centre de la racine se lignifie très tôt.

Quelques assises de liège entourent un parenchyme assez petit qui passe au liber. Ce dernier différencie en quatre plages de nombreuses fibres. L'axe de la racine est constitué par un amas de vaisseaux et de fibres lignifiées.

### *Vinca* sp.

N° 210

Feuille. — L'épiderme supérieur, formé de cellules un peu plus grosses que l'épiderme inférieur, comprend des éléments isodiamétriques à membrane externe, épaissie et bombée, recouverte d'une cuticule. Des poils coniques semblables à ceux que Vesque (1885) a observés chez *Vinca rosea* et des stomates à demi enfoncés interrompent çà et là l'épiderme.

La structure générale est bifaciale.

Le tissu palissadique est constitué par une rangée de cellules assez longues, serrées et sans méats. Des éléments grossièrement isodiamétriques, limitant de petits méats, constituent la zone inférieure du mésophylle.

Au niveau de la nervure médiane, très volumineuse, les tissus du limbe passent graduellement à des éléments aquifères arrondis et à faibles méats.

Les trois assises inférieures de ce tissu se différencient en collenchyme angulaire. Toute la nervure est recouverte par un épiderme à cellules plus serrées que dans le limbe.

Au centre de l'organe, un arc de faisceaux libéro-ligneux, avec liber interne, se différencie.

Pétiole. — Décrire le pétiole serait répéter ce qui a été dit pour la nervure médiane.

Tige. — Les formations subéro-phellodermiques apparaissent tôt dans la tige.

Le reste de l'écorce comprend une douzaine d'assises irrégulières et à méats rares mais grands ; un cercle de laticifères s'étend au-dessous du phelloderme.

Le péricycle différencie çà et là des amas de fibres arrondies, épaisses, formées quelquefois de deux éléments emboîtés.

Les formations libéro-ligneuses, en structure continue, sont considérables. Ce bois secondaire est surtout constitué par des fibres et de nombreux vaisseaux à faible diamètre. Il est disposé suivant une symétrie bilatérale.

Quelques cellules arrondies forment une moelle réduite qui est séparée du bois primaire, encore visible, par quatre plages de liber interne.

J'ajouterai que la tige étudiée présentait quatre angles rapprochés deux à deux. Maige (1900) a constaté la même particularité dans une tige dressée de *Vinca major*. Cette particularité disparaît par la reptation.

Racine. — Les assises subéro-phellodermique et libéro-ligneuse fonctionnent très tôt. Le liège qui se forme ne tarde pas à exfolier l'assise pilifère et les quelques assises corticales sous-jacentes. De même, le bois envahit la moelle et la remplace par de larges vaisseaux.

### *Ipomœa Pes-capræ* Sw. = *Ipomœa biloba* Forsk.

N° 344

[D. C. Prod. IX. 349]

Espèce caractéristique de l'association des psammophiles littorales dans beaucoup de pays tropicaux.

Feuille. — Warming (1897) et Harshberger (1908) en ont étudié avec soin l'anatomie. Je n'ai rien à ajouter aux observations de ces auteurs.

Racine. — 1) La structure primaire existe ici bien nette à l'extrémité de la racine. On y voit une écorce formée d'une douzaine d'assises de cellules arrondies, limitée extérieurement par une assise à grandes cellules subérifiées que recouvre une assise pilifère à poils rares. En face de chaque faisceau libérien existent des lacunes corticales assez grandes. L'endoderme, à cadre linéaire, présente devant ces lacunes des caractères spéciaux de coloration par la teinture d'Alkanna. Il semble qu'il y ait corrélation entre ce phénomène et la présence de lacunes, mais l'étude du développement permettra, seule, d'en préciser la nature.

On peut voir six faisceaux ligneux alterner avec autant de faisceaux libériens et limiter une moelle formée de quelques cellules. En outre, à ce niveau, la racine est toujours dépourvue d'amidon ; de même, le liber ne présente jamais de lacunes.

2) Un peu plus haut la structure change. On voit des formations libéro-ligneuses secondaires apparaître ; de plus, les éléments parenchymateux de la moelle se différencient en fibres, enfin, dans le liber se creusent des lacunes tandis que dans l'écorce apparaissent des réserves amylacées.

3) Encore plus haut les formations péridermiques apparaissent et de plus le bois secondaire différencie de larges vaisseaux. C'est la structure générale que l'on retrouve, moins accusée peut-être — surtout en ce qui concerne le bois —, dans la racine des autres plantes que nous étudions.

### *Ipomœa* sp.

N° 231

[Cet *Ipomœa* (de la collection R. Viguier et H. Humbert) ressemble surtout à un échantillon récolté par Boivin aux Iles

Sainte-Marie, mais il n'a pas encore été déterminé d'une façon précise].

Feuille. — La structure générale, bifaciale, n'offre rien de particulier.

L'épiderme supérieur à cellules isodiamétriques légèrement bombées, ressemble à l'épiderme inférieur.

Le tissu palissadique qui est constitué par 2-3 assises de cellules un peu grosses, recouvre 5-6 assises de cellules aquifères plus arrondies.

Au niveau de la nervure médiane, tous les tissus sont remplacés par des cellules aquifères plus petites, à contours sinueux mais ne limitant pas de méats.

Pétiole. — Le pétiole possède un épiderme à cellules isodiamétriques nullement épaissies qui recouvre trois assises de collenchyme assez peu différencié. Des cellules, grosses, aquifères, à petits méats, constituent le tissu central où se différencient un arc de plusieurs faisceaux libéro-ligneux isolés, chacun d'eux présentant du liber interne.

Tige. — L'épiderme est exfolié par le fonctionnement de l'assise subéro-phellodermique qui produit extérieurement trois couches de cellules subérifiées.

Le reste de l'écorce comprend une douzaine d'assises de cellules polymorphes qui, çà et là, dégénèrent et produisent des lacunes. Comme pour l'*Ipomœa reptans* ayant poussé en saison sèche (Choux [1913]) on peut distinguer des lacunes irrégulières que bordent des débris de membranes et des lacunes régulières auxquelles les cellules marginales donnent un aspect de canaux sécréteurs.

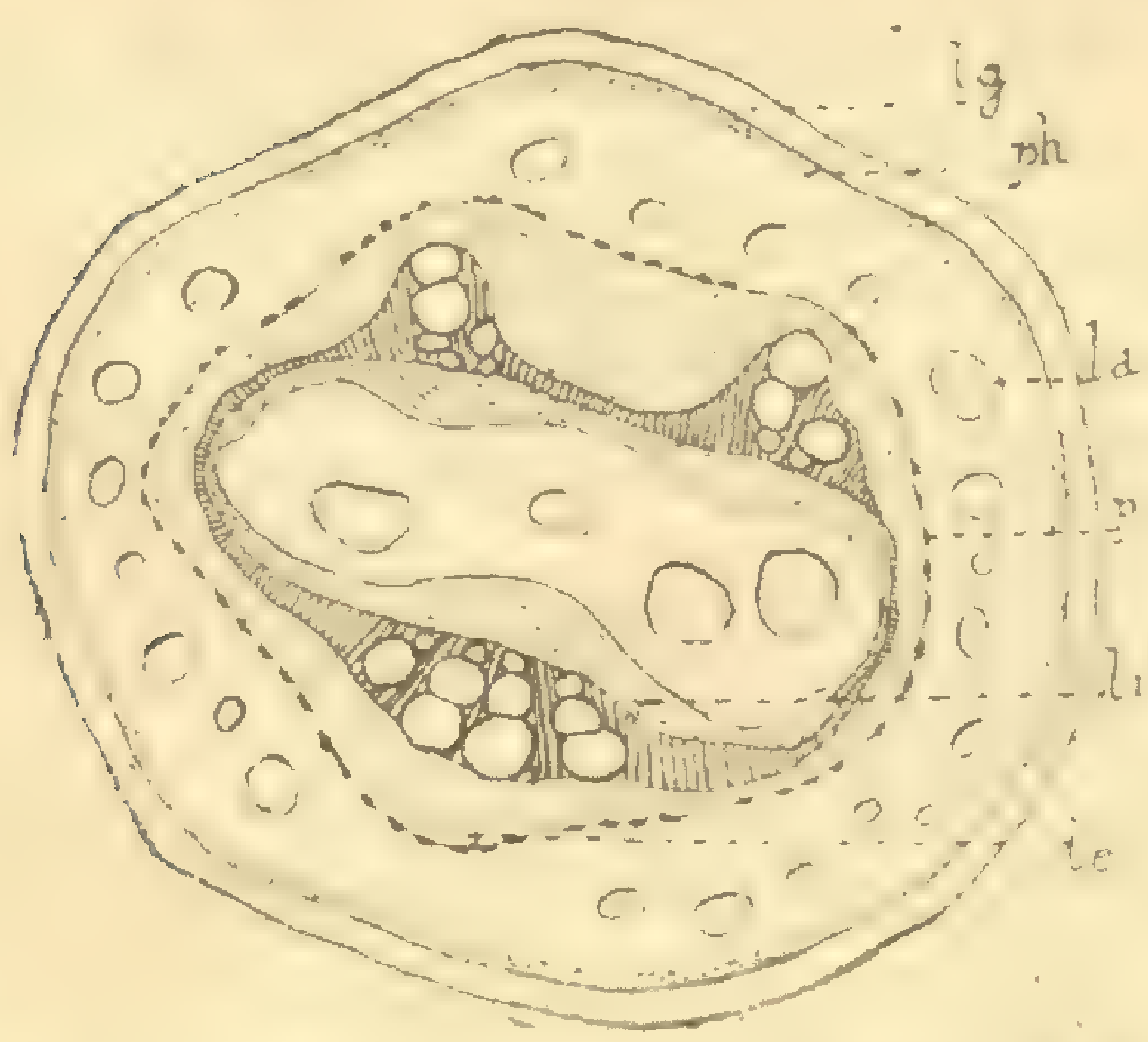


Fig. 5. — *Ipomœa* sp. Coupe demi-schématique de la tige rampante : *lg*, liège ; *ph*, phelloderme ; *la*, lacune ; *p*, péricycle ; *li*, liber interne ; *le*, liber externe.

Le péricycle différencie fréquemment, mais sans continuité, une rangée de fibres arrondies à membrane qui s'épaissit sans se lignifier, Les formations libéro-ligneuses secondaires sont surtout développées en deux régions opposées. Il se produit alors de nombreux vaisseaux à large lumière et un liber assez considérable. Il existe en outre du liber périmédullaire en face des faisceaux de bois primaire.

La moelle formée de cellules en général assez grosses et arrondies présente dans sa région centrale des lacunes. J'ajouterai que des oursins d'oxalate se trouvent particulièrement au niveau du liber interne.

Racine. — Les racines étaient fréquemment parasitées par l'*Heterodera radicicola* Greef.

Quatre faisceaux cohérents au centre constituent la disposition du bois primaire. Elle apparaît dans les radicelles. Dans les racines plus âgées on voit d'importantes formations secondaires se produire. L'assise libéro-ligneuse différencie un liber assez développé puis, vers l'extérieur, un méristème qui se lignifie irrégulièrement. En effet, certaines plages de ce tissu restent parenchymateuses, tandis que des régions voisines différencient de larges vaisseaux que séparent des fibres.

En outre, il existe un périderme à formations bien développées.

*(A suivre)*

# VARIATION
# DES SUBSTANCES HYDROCARBONÉES
# DANS LES FEUILLES

par M. Émile **MICHEL-DURAND**

*(suite)*

**15 Septembre :** *feuilles vertes.* L'anneau ligno-subéreux qui enserre la base du pétiole est surtout important face au liber ; cependant, comme on peut le voir dans la figure 3, il n'atteint pas les tubes criblés et laisse intactes 4 à 5 assises de cellules parenchymateuses. Les thylles apparaissent déjà.

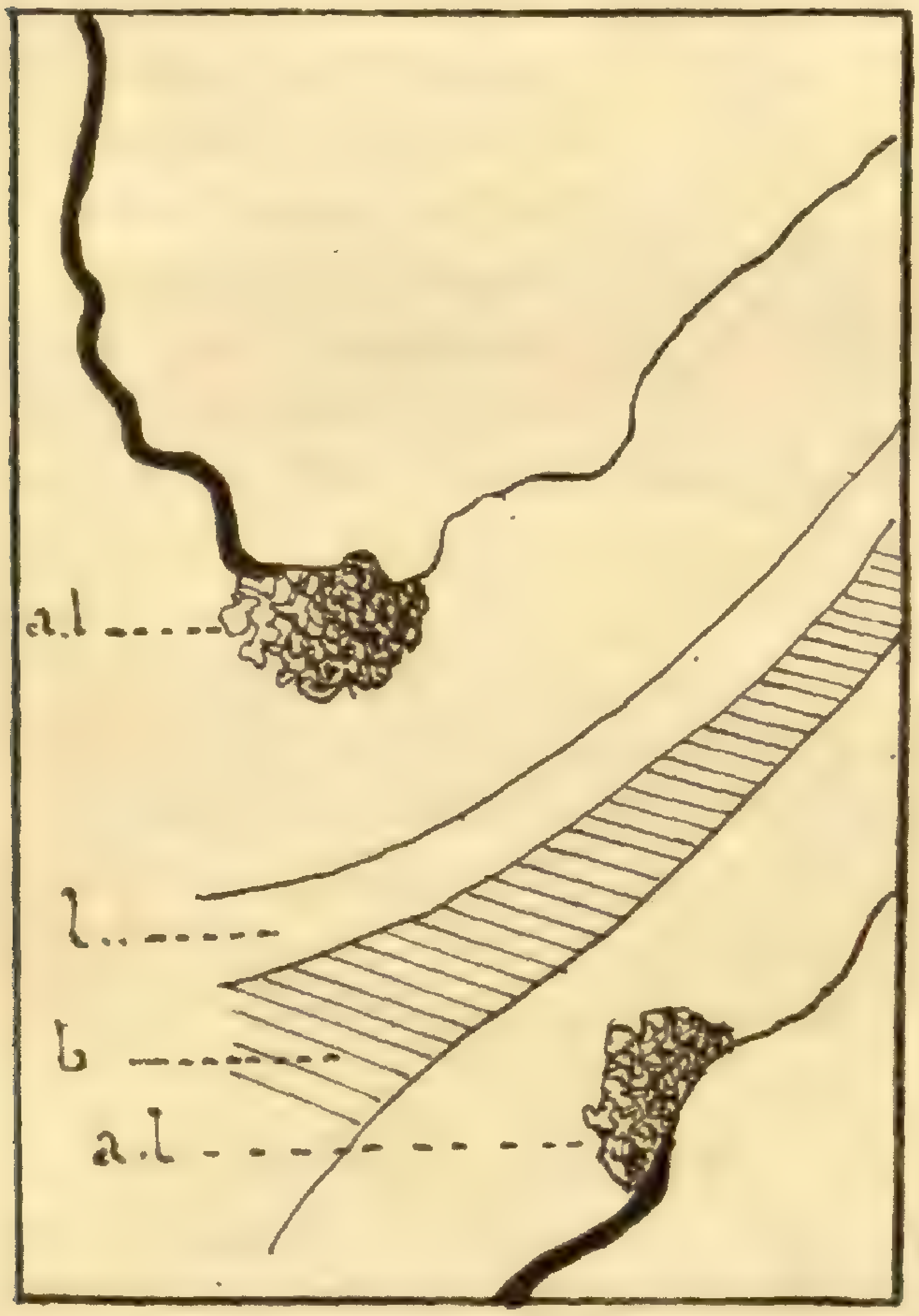


Fig. 3. — al. : *Assise subéro-ligneuse ;* l. : *liber ;* b : *bois.*

La voie principale de migration de la sève élaborée est donc entièrement libre dans la feuille verte de septembre, mais la voie secondaire, représentée par le parenchyme cortical, est fort réduite.

L'analyse confirme cette manière de voir et accuse un léger reflux de sucres solubles dans le limbe à la suite de l'étranglement produit dans la voie de migration.

**29 Septembre** : *Feuilles commençant à rougir.* Il s'est produit une accentuation très nette des caractères précédemment indiqués. L'assise ligno-subéreuse est formée de deux arcs subérisés séparés par le système vasculaire. Cependant une petite épaisseur de liber, que j'ai représentée dans la fig. 4, paraît avoir été respectée, en partie seulement, puisqu'elle présente une légère teinte brune.

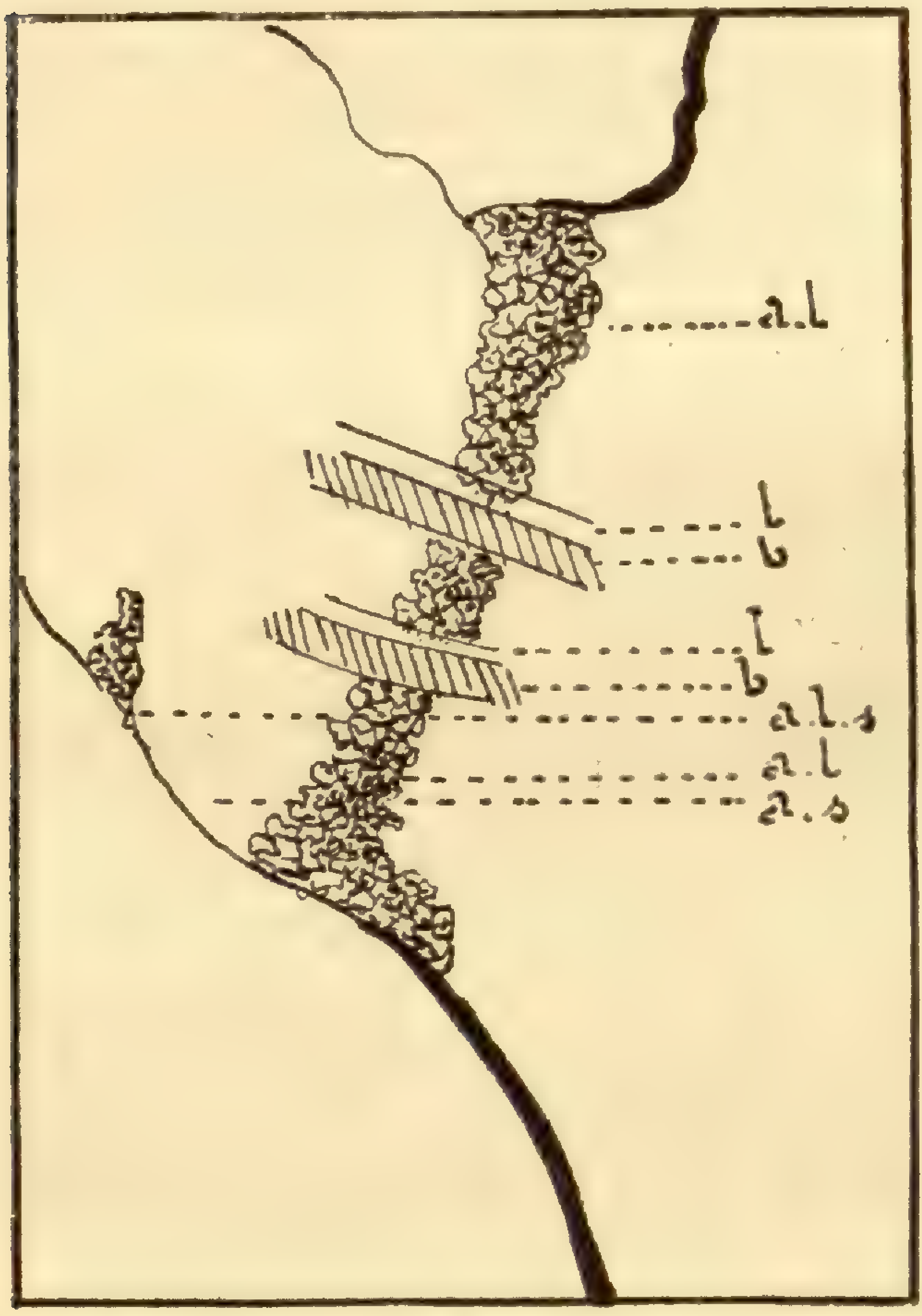


Fig. 4. — al. : *Assise ligno-subéreuse ;* l. : *liber ;* b. : *bois ;* als. : *Assise ligno-subéreuse supérieure ;* as. : *Assise séparatrice.*

Les vaisseaux ligneux sont envahis par des thylles.

La subérisation du parenchyme cortical et du liber, constatée à cette époque, rend la migration des principes solubles impossible. La simplification moléculaire corrélative du jaunissement doit amener un afflux des sucres solubles dans le limbe des feuilles, conclusion confirmée par l'analyse. D'ailleurs, au point de vue physiologique, qu'il y ait décortication annulaire ou production d'un anneau de liège, le résultat doit être identique et aboutir également :

1° à une augmentation de sucres solubles dans le limbe,

2° au rougissement des feuilles.

**20 Octobre** : *Feuilles entièrement rouges* Comme l'indique Tison, l'assise ligno-subéreuse ne présente aucune solution de continuité, est parfaitement homogène et d'égale épaisseur. La feuille est donc physiologiquement séparée du rameau depuis la fin de septembre. L'analyse indique une diminution des sucres solubles par rapport aux feuilles de septembre à moitié rouges, une partie des hydrates de carbone solubles ayant servi à la respiration des

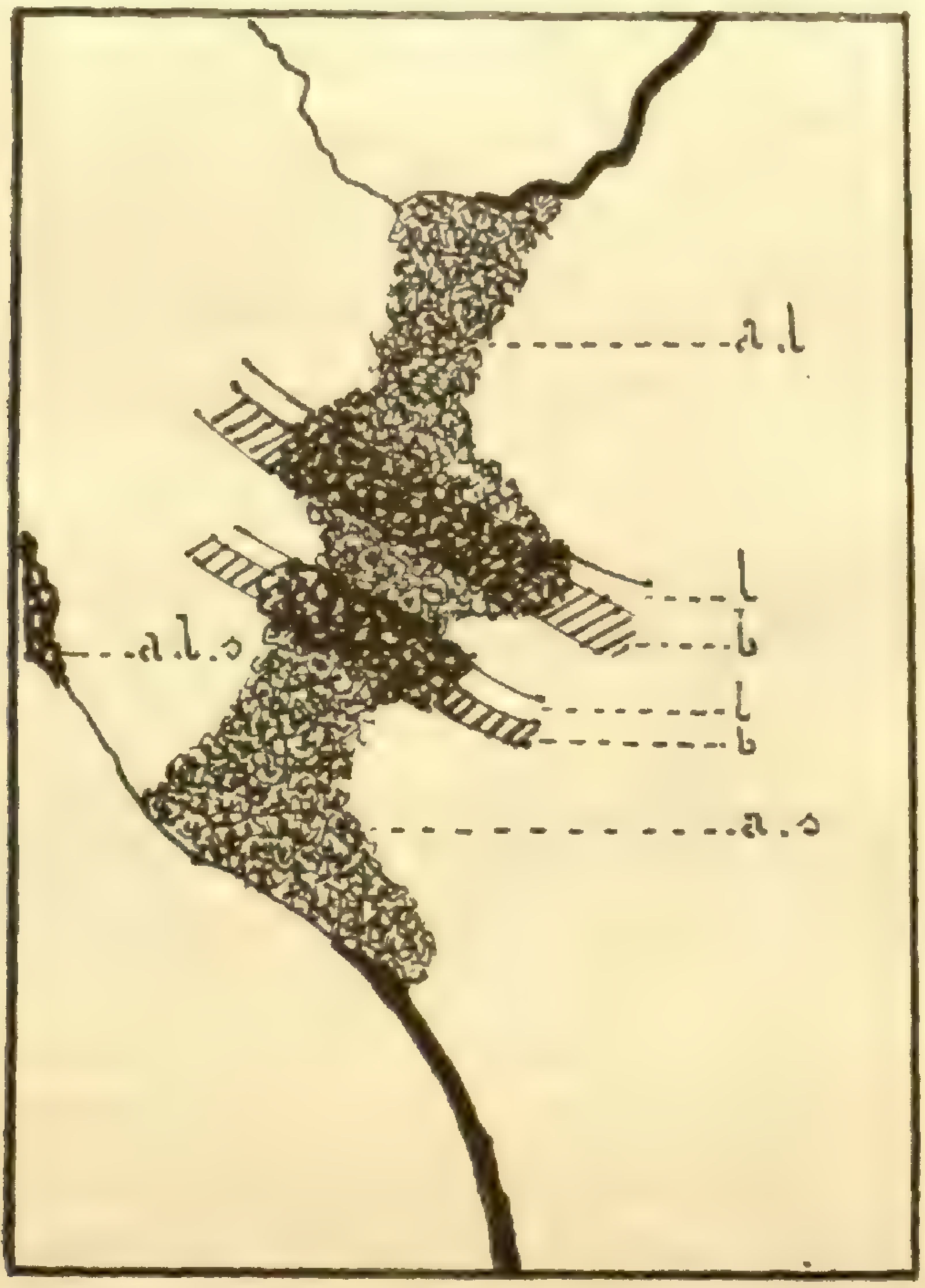


Fig. 5. — al. : *Assise subéro-ligneuse ;* l. : *liber ;* b. : *bois ;* as. : *assise separatrice ;* als. : *assise subéro-ligneuse supérieure.*

tissus, à la formation de l'anthocyane : cette destruction de sucre n'a pu être compensée :

1° par suite de l'absence de chlorophylle,

2° et de l'absence de réserve amylacée.

### 3° *BETULA ALBA*

Les recherches de Tison n'ont pas porté sur cette variété, mais sur une espèce très voisine *Betula pubescens*. L'auteur signale la très grande complexité des tissus cicatriciels du coussinet au moment de la chute, c'est-à-dire quelques jours avant la défoliation. A ce moment la double lame de cicatrisation est parfaitement continue et son épaisseur va en diminuant de l'extérieur vers l'intérieur.

Avant la chute de la feuille et dans toute la base du pétiole, il existe de nombreux thylles dans l'intérieur des vaisseaux du bois et de la gomme ligneuse au niveau des couches de cicatrisation même au-dessus dans le pétiole.

Mes observations ont porté :

1° sur des feuilles vertes de septembre (11 sept.).

2° sur des feuilles jaunes cueillies quelques jours avant leur chute (28 octobre).

**11 Septembre** : *Feuilles vertes.* La lame ligno-subéreuse inférieure est nettem entaccusée, ainsi qu'on peut le voir figure 6 ; elle n'intéresse que le parenchyme cortical et s'arrête dans l'angle interne à une distance du bois égale à l'épaisseur correspondant à 5 à 6 assises de parenchyme. Elle est surtout bien développée dans l'angle extérieur face au liber. Le tissu vasculaire ne présente rien de particulier. Le parenchyme cortical du pétiole pouvant être considéré comme la voie secondaire de migration des principes organiques élaborés dans les feuilles, l'obstruction de cette voie doit entraîner une accumulation des sucres solubles de photosynthèse dans le limbe. L'assimilation chlorophyllienne s'effectuant normalement, l'étranglement ligno-subéreux de la base du pétiole doit amener une accumulation de sucres solubles et insolubles dans le limbe, résultat entièrement vérifié par l'analyse.

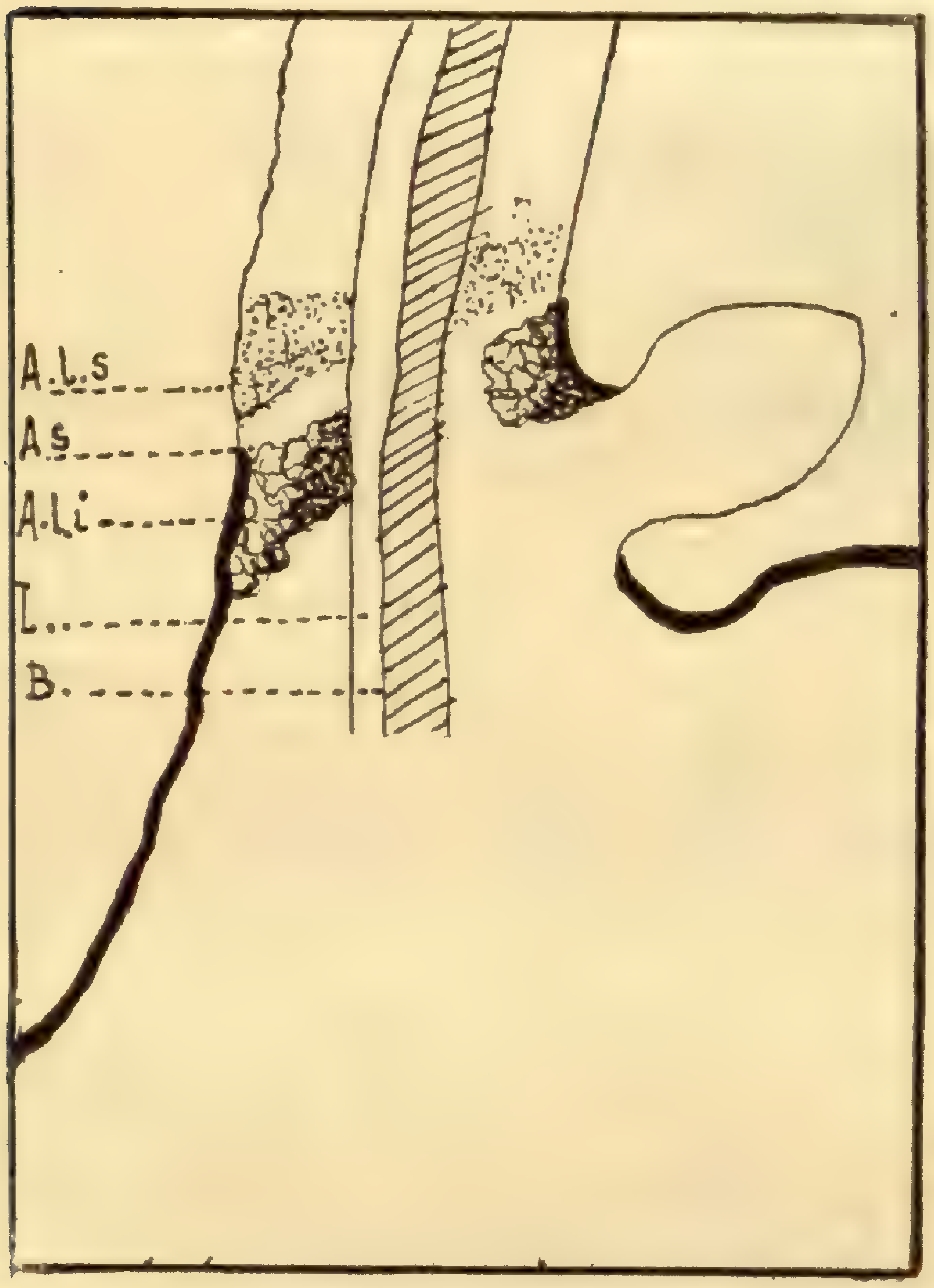


Fig. 6. — als. : *Assise subéro-ligneuse supérieure* ; as. : *assise séparatrice* ; ali. : *assise subéro-ligneuse inférieure* ; l. : *liber* ; b. : *bois*.

**28 Octobre** : *Feuilles jaunes.* Il s'est produit une accentuation très nette des caractères précédents. La double lame ligno-subéreuse est continue à travers le système vasculaire (voir figure 7) et présente les caractères indiqués par Tison. La feuille jaune est donc physiologiquement séparée du rameau.

Les sucres solubles provenant de la désintégration moléculaire des réserves ne peuvent plus émigrer et doivent rester dans le limbe. Ces conclusions sont entièrement vérifiées par l'analyse ; les feuilles jaunes sont toujours plus riches en sucres réducteurs que les feuilles vertes. L'imperméabilité des lames ligno-subéreuses permet donc d'attribuer à ces productions histologiques automnales un rôle important dans la réduction ou la suppression des courants de migration. Mais d'autres facteurs dont l'influence est indiscutable, paraissent agir dans le même sens. C'est ainsi qu'André (1), à la suite d'un grand nombre de recherches, a constaté que beaucoup de feuilles, au moment de leur chute, sont encore assez riches en Az et P comme si l'azote ne se trouvait plus à ce moment sous une forme propre à la migration ou comme si les phénomènes d'osmose se ralentissaient au point d'entraver cette migration.

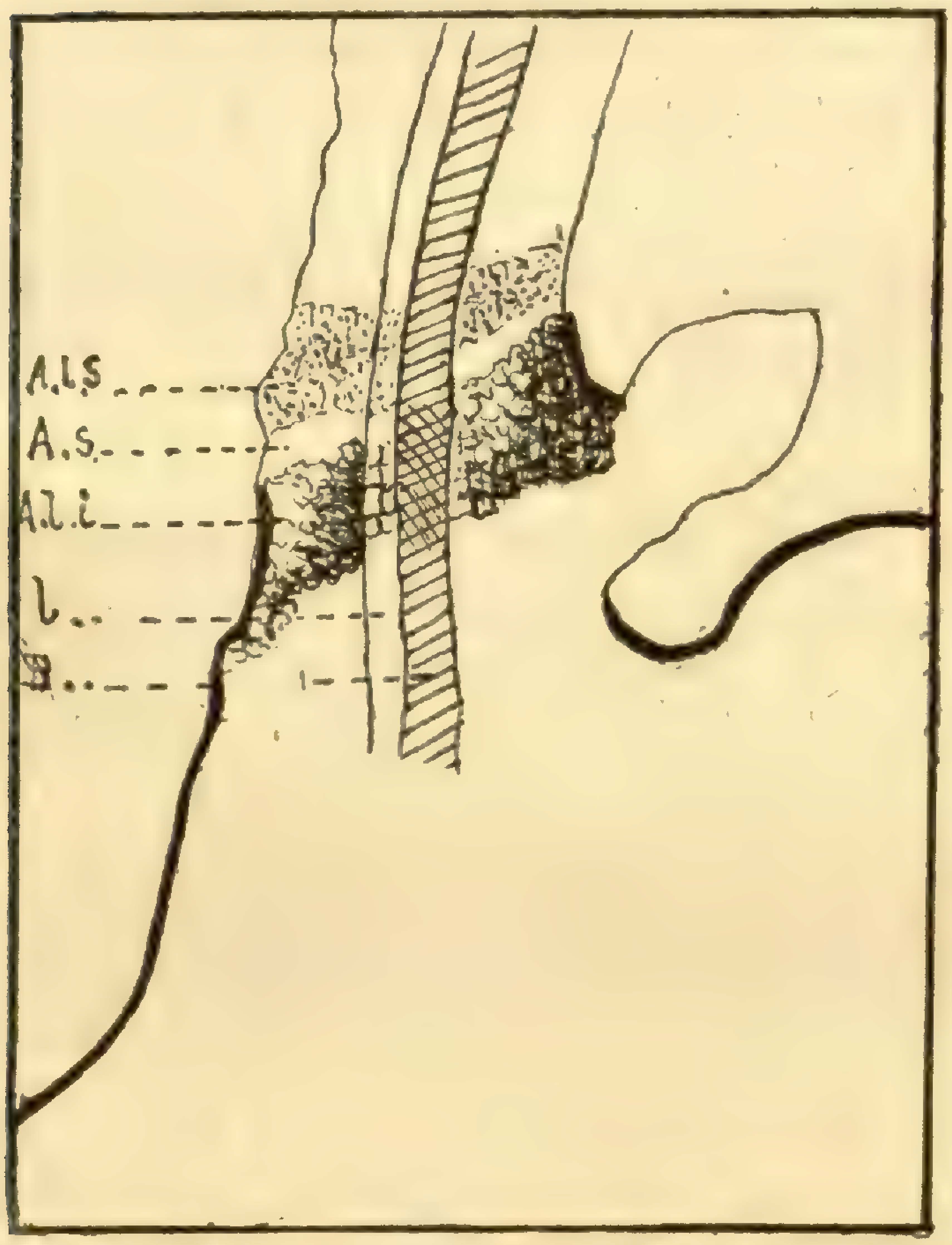


Fig. 7. — als. : *Assise ligno-subéreuse supérieure ;* as. : *assise séparatrice ;* ali. *assise subéro-ligneuse inférieure ;* l. : *liber ;* b. *bois.*

---

(1) André. *Sur l'élaboration de la matière azotée dans les feuilles des plantes vivaces.* (C. R. Ac. Sc., Paris, T. CXLVIII, p. 1685, 1909).

Or il résulte de mes recherches :

1° que la déshydratation progressive des feuilles en automne est un phénomène général.

2° que sur la fin de la végétation il se produit dans les feuilles une simplification moléculaire des hydrates de carbone identique à celle qui a été signalée par Molliard (1) pour les albuminoïdes.

La deuxième hypothèse est seule acceptable. C'est d'ailleurs l'opinion d'André ; la déshydratation progressive subie par les organes végétaux en automne doit nuire vraisemblablement à l'activité des phénomènes osmotiques. L'abaissement de température, en réduisant l'activité fonctionnelle du végétal, doit contribuer aussi dans une large mesure au ralentissement de la circulation des liquides dans la plante. C'est ainsi que d'après Mazé (2), à 0°, l'absorption perd instantanément la plus grande partie de son activité. Et comme, d'après Rywosch (3), c'est le courant d'eau qui va des vaisseaux aux cellules chlorophylliennes qui détermine le départ des produits d'assimilation, l'arrêt de l'absorption entraîne fatalement l'arrêt de l'émigration. Toujours d'après le même physiologiste, une transpiration intense provoque une migration plus rapide des substances assimilables et inversement, une diminution dans la transpiration entraînerait un départ moins rapide des produits de photosynthèse. Par conséquent toutes les causes capables de diminuer l'intensité de la transpiration, l'abaissement de température, l'état hygrométrique de l'air, la désintégration chlorophyllienne, ont leur répercussion sur la migration, et même tendance à l'arrêt de la circulation végétale.

Quelle est la part qui revient à chacun de ces facteurs ? Il semble assez difficile de s'en faire une idée exacte. Cependant Tison signale des espèces assez nombreuses où la cicatrisation est postérieure à la défoliation. Comme l'assise séparatrice n'intéresse jamais le tissu vasculaire, le rôle de la lame ligno-subéreuse serait dans ce cas réduit au minimum. Il est vrai que, le plus souvent, il se produit avant la chute de la feuille, une subérisation plus ou moins accentuée des tissus adjacents de l'assise séparatrice, et au-dessus de cette assise. Mais il est probable qu'en l'absence de toute cicatrisation, ce qui est l'exception chez les plantes ligneuses, l'intervention des facteurs externes et la désagrégation chlorophyllienne doivent suffire pour arrêter la migration avant l'épuisement complet des réserves minérales et organiques des tissus foliaires. Des analyses de feuilles ne présentant jamais de formations ligno-subéreuses avant la défoliation et de feuilles marcescentes, permettraient seules de conclure.

---

(1) MOLLIARD. *Loc. cit.*

(2) MAZÉ. *Les échanges nutritifs chez les végétaux. Rôle du protoplasma.* C. R. Ac. Sc., Paris, T. CLIX, pp. 809-811.

(3) RYWOSCH. *Zur Stoffwanderung im Chlorophyllgewebe.* Bot. Ztg., LXVI pp. 121-129, 1908.

## DISCUSSION DES RÉSULTATS

En résumé, on voit d'après les considérations précédentes :

1° Qu'avant sa chute, la feuille forme à la base de son pétiole : des thylles dans les vaisseaux du bois, des cals sur les cribles libériens ; thylles et cals sont d'autant plus développés et plus abondants que le stade considéré est plus rapproché de l'époque de la chute.

2° Chez les espèces étudiées il s'est différencié, dès la première quinzaine de septembre, un anneau ligno-subéreux compact qui enserre les faisceaux libéro-ligneux. Mais tandis que chez le *Fagus* la ligno subérisation s'arrête toujours au niveau des faisceaux conducteurs qui subsistent ainsi sans modification apparente, chez l'*Ampelopsis* et le *Betula* au contraire, dès la 2me quinzaine de septembre, l'anneau se resserre de plus en plus par ligno-subérisation des cellules sous-jacentes ; le liber s'imprègne de subérine, puis les thylles cellulosiques subissent le même sort, si bien que, quelques jours avant sa chute, l'organe présente un système séparateur parfaitement continu et la feuille jaune peut être considérée comme physiologiquement séparée du rameau.

Il est donc vraisemblable d'admettre que, si les conditions anatomiques chez le *Fagus* permettent la circulation de la sève jusqu'au moment de la chute, il n'en est plus de même chez l'*Ampelopsis* et le *Betula*. Chez ces deux dernières espèces, les modifications anatomiques de la première quinzaine de septembre sont telles qu'elles limitent les échanges liquides à une étroite zone de liber écrasé ou légèrement subérisé enserrée de toutes parts par un liège compact.

Le peu que nous savons sur les propriétés physiques et physiologiques du liège permet de supposer que les échanges osmotiques doivent être sinon nuls, du moins très affaiblis à travers un pareil tissu. Il en résulte que dès la première quinzaine de septembre, par le seul fait du développement de l'anneau ligno-subéreux, le courant de sève nourricière doit être considérablement ralenti et cela d'autant plus, que l'anneau ligneux se resserre davantage, tandis qu'au point de vue anatomique, à l'exception de quelques thylles cellulosiques, rien encore ne s'oppose au courant ascendant de sève brute ; mais à partir de ce moment la lignification se continue, envahit progressivement le liber et le bois ; il s'ensuit que les substances nutritives doivent s'accumuler dans la feuille ; c'est ce qui se produit en effet, nous avons vu plus haut que la teneur maximum en sucres réducteurs est réalisée dans les feuilles jaunes. C'est le fait saillant, mis en évidence par l'analyse.

Mais le même phénomène s'obtient aussi par décortication annulaire et le fait que l'anneau de liège intéresse la plus grande partie du liber juste au moment où apparaissent les premières traces d'anthocyane, est à rapprocher des expériences de Raoul Combes sur la production du pigment rouge par décortication annulaire. Ce physiologiste a montré que la décortication annulaire de rameaux feuillés provoque, chez certaines espèces, l'apparition d'anthocyane dans les feuilles situées au-dessus de la partie décortiquée ; les feuilles situées au-dessous restant normales. De plus, les composés hydrocarbonés solubles sont plus abondants, dans les feuilles rouges des rameaux décortiqués, que dans les feuilles vertes des rameaux normaux. La décortication influence aussi les échanges gazeux. Elle produit :

l'affaiblissement des échanges respiratoires,

le ralentissement de l'assimilation chlorophyllienne,

la formation de thylles dans les vaisseaux du bois,

qui sont autant d'indices du ralentissement de la vitalité de l'organe, communs aux feuilles des rameaux décortiqués et aux feuilles normales d'*Ampelopsis* considérées en septembre ou à la fin de la végétation.

*(A suivre.)*

# NOTES BIBLIOGRAPHIQUES

**Archivos do Jardim botanico do Rio de Janeiro.** 2e Volume, 1918.

C'est un volume de 109 pages en portugais avec de nombreuses planches très soignées. La plupart des articles portent sur la botanique systématique. On y trouve des descriptions d'espèces nouvelles avec diagnoses latines. Ces espèces nouvelles appartiennent à la famille des Eriocaulacées (Alvaro A. Silveira) ; au genre *Mimusops* (Adolpho Ducke), au genre *Rhipsalis*, aux Cactées et aux Orchidées (Alberto Löfgren).

A signaler aussi un article de P. Campos Porto sur un *Cattleya* qui est probablement un hybride naturel, un article d'Eugenio Rangel sur quelques nouveaux Champignons du Brésil. On trouve enfin le résultat des observations météorologiques faites au Jardin botanique pendant l'année 1915-1916.

Jean Friedel

R. Chodat. — ***Muraltiæ novæ.*** (Mitteil. aus d. botan. Mus. der Univ. Zürich. LXXVI, 1916).

Complément aux études de R. Chodat sur les Polygalacées d'Afrique ; ce travail contient la description d'un certain nombre d'espèces et variétés nouvelles du genre *Muraltia* ; ce sont *Muraltia corymbosa*, *M. Cynara*, *M. exappendiculata*, *M. Fernandi*, *M. conjuncta*, *M. rhamnoides* et var. *rhombifolia*, *M. uroclada* et var. *leptophylla*, *M. abietina* et var. *eciliata* et *brachypetala*, *M. ericoides*, *M. chamæpitys*, *M. plumosa*, *M. cyclolopha*, *M. setosa*, *M. rhynostigma*, *M. uncinata* et var. *calvata*, *M. arachnoidea*, *M. sclerophylla*, *M. dontolopha*, *M. pachyphylla*, *M. Marlothii*, *M. muscoides*, *M. confusa*, *M. hyssopifolia*, *M. Selago*, *M. salsolacea*, *M. cuspifolia*, *M. galioides*, *M. arcuata*, *M. Saxifraga*, *M. pleurostigma*, *M. vulpina*.

Marcel Denis

Scott D. H. — **The *Heterangium* of the British coal-measures.** (*The Linnean Society's Journal. Botany* ; vol. XLIV, pp. 59-105, pl. 4 ; Nov. 1917).

Le genre *Heterangium*, compris aujourd'hui parmi les Ptéridospermées, a été établi sur des tiges à structure conservée, qu'on a rencontrées depuis le Culm jusqu'au Permien.

Dans cette note, l'auteur fait la revision des *Heterangium* anglais ; il décrit deux espèces nouvelles d'un grand intérêt : *Heterangium shorense* et *H. minimum* du Houiller inférieur du Lancashire. Il reprend en détail des descriptions déjà données : celles de l'*Heterangium Lomaxi* Will., *H. tiliæoides* Will ; il ajoute des détails nouveaux sur la structure et insiste tout particulièrement sur l'examen des *traces foliaires*. M. Scott compare les espèces trouvées en Angleterre avec les *Heterangium* admirablement conservés, que le Dr Kubart a décrits en 1908, 1911 et 1914, du niveau d'Ostrau (Silésie) et dont l'âge est un peu plus ancien que le Houiller inférieur anglais ; il établit aussi une étude comparée avec des espèces permo-carbonifères d'Autun, autrefois signalées par Renault. Voici, d'après sa note, le résumé de nos connaissances sur les *Heterangium*.

1° La *tige* est monostélique : le bois primaire est formé de trachéides à ponctuations plurisériées, dont les groupements, parfois bien délimités *(H. shorense)*, sont séparés par du parenchyme conjonctif ; le bois primaire a des éléments de calibre relativement grand et s'étend jusqu'au centre même de la tige.

Les *faisceaux périphériques* de la stèle et les *faisceaux des traces foliaires* sont « mésarches » : le protoxylème s'y trouve au voisinage du bord externe, à développement centripète et centrifuge, le métaxylème centrifuge est d'ordinaire peu développé.

La stèle centrale est entourée de bois et liber secondaires. L'une des formes du Permien d'Autun : *H. bibractense*, dont le bois secondaire mesurait par place environ un centimètre, paraît être, des formes connues, celle dont le développement était le plus avancé.

L'*écorce* offre deux zones : l'une externe, souvent dénommée hypodermique, est constituée par des bandes rayonnantes, parfois anastomosées de sclérenchyme, alternant avec du parenchyme. La zone interne contient des cellules scléreuses disposées en plages, en paquets ou en masses discoïdales et pouvant envahir le péricycle.

2° *Racines :* On en sait peu de choses. M. Scott a pu étudier la structure de quelques racines latérales ; l'axe ligneux est *tétrarche*, les quatre groupes de protoxylème correspondant aux rayons médullaires primaires ; le bois secondaire est bien développé ; cette structure ressemble à celle du type *Kaloxylon*.

3° *Feuilles, traces foliaires.* Les frondes, autant qu'on les connaît, étaient de grande taille, composées, du type *Sphenopteris*. *H. Grievii* portait très probablement le feuillage connu, à l'état d'empreintes, sous le nom de *Sphenopteris elegans*.

L'étude des *traces foliaires*, à partir de la stèle jusqu'à leur entrée dans le pétiole, fournit les caractères les plus importants pour distinguer les *Heterangium*, pour grouper les espèces connues en deux sous-genres.

Le sous-genre *Eu-heterangium* : trace foliaire consistant en *un seul* faisceau, à sa sortie même de la stèle ; ce faisceau demeurant unique *(H. Grievii)* ou se divisant en deux dans le pétiole. Les espèces les plus anciennes, *H. Grievii* du Carbonifère inférieur, *H. minimum* du Houiller inférieur d'Angleterre et les espèces de Silésie : *H. alatum, H. polystichum, H. Schusteri* et *H. Sturii*, se rangent dans ce sous-genre. Ce sont les plus anciennes, à traces foliaires les plus simples, de type *monodesmique*, suivant l'expression de l'auteur.

Dans le sous-genre *Polyangium*, les traces foliaires, à deux faisceaux dès leur sortie de la stèle, se divisent à travers l'écorce, en sorte que la base du pétiole compte de 4 à 8 faisceaux. Au *Polyangium* appartiennent : *H. shorense, H. tiliæoides, H. Lomaxii*, espèces anglaises relativement récentes, et probablement aussi les formes que Renault a signalées dans le Permo-carbonifère d'Autun. Le type *Polyangium* ou *polydesmique*, à trace foliaire plus compliquée, serait d'apparition plus récente.

Les deux sous-genres, définis de la sorte, paraissent bien tranchés. Il semble cependant ressortir, de l'étude de *H. Andrei* de Silésie, que dans cette espèce la trace foliaire, simple à son départ de la stèle, comprend quatre faisceaux dans le pétiole. Les caractéristiques des deux sous-genres se trouveraient donc réunies dans cette espèce, qui est d'ailleurs une forme de passage entre le genre *Heterangium* et le g. *Lyginopteris*.

M. Scott signale encore des analogies remarquables entre les *Heterangium* et les Médullosées et Calamopityées. *Medullosa anglica*, à trace foliaire multiple dès la stèle et dont les faisceaux se divisent pour pénétrer dans le pétiole, offre des ressemblances avec les *Polyangium*. De même, chez le *Calamopitys americana*, la trace foliaire, simple à son origine, se divise en 2 et 4 faisceaux avant d'entrer dans le pétiole.

A. Carpentier

# CHRONIQUES ET NOUVELLES

Nous avons le regret d'apprendre la mort de Miss Ethel **Sargant**, née en 1863, décédée le 16 Janvier 1918.

Son œuvre scientifique se divise en deux parties :

1° Une œuvre cytologique où l'on remarque surtout un grand mémoire sur le *Lilium Martagon,* mémoire fondamental qui a contribué à mettre en évidence le parallélisme du développement des gamètes chez les végétaux et les animaux. Au cours de ce travail, Miss Sargant a confirmé, après Guignard, la belle découverte de Navachine : la double fécondation des Angiospermes.

2° Une œuvre anatomique dont la partie la plus remarquable est une étude sur le développement des Monocotylédones. Miss Sargant, en comparant les Monocotylédones aux Dicotylédones qui présentent l'anomalie d'avoir un cotylédon unique, a montré que, dans les deux cas, le cotylédon est formé par la fusion de deux cotylédons. En s'appuyant sur ce fait important, elle a construit une théorie très intéressante sur l'origine des Monocotylédones, qui ne seraient pas un type primitif, mais dériveraient d'un ancêtre à deux cotylédons. Dès le début de leur existence, les Monocotylédones auraient été des végétaux géophiles et ne dériveraient pas d'un ancêtre aquatique, comme Henslow le suppose.

Ces brèves indications ont été empruntées à une notice de D. H. Scott (Annals of Botany, Avril 1918).

Jean **Friedel**

---

IMPRIMERIE NEMOURIENNE, HENRI BOULOY. — NEMOURS

CHARLES-LOUIS GATIN
1877-1916

# NOTICE SUR CHARLES-LOUIS GATIN

par M. Jean **FRIEDEL**

Charles-Louis Gatin, né à Rambouillet le 6 Décembre 1877, est mort héroïquement devant Douaumont le 26 Février 1916. Je voudrais donner un aperçu sommaire de son œuvre scientifique si douloureusement et si glorieusement interrompue.

On ne peut mieux définir notre regretté camarade qu'en disant que c'était une conscience. J'ai été son collègue comme préparateur au laboratoire de Botanique de la Sorbonne et je sais à quel point les étudiants qui ont passé entre ses mains ont conservé un souvenir reconnaissant du dévouement sans limite et de l'inlassable complaisance avec lesquels il leur prodiguait les explications et les conseils. Son œuvre scientifique, vraiment considérable pour une aussi courte vie, réunit une grande clarté à la minutieuse précision du détail.

C. L. Gatin, après avoir suivi avec succès l'enseignement de l'Institut agronomique, est venu compléter ses études supérieures à la Faculté des Sciences ; il avait été admis auparavant à suivre à l'Institut agronomique une troisième année d'études où il avait été initié à la Bactériologie. Une fois muni de ses certificats de licence, il est nommé préparateur à l'Ecole supérieure des Sciences d'Alger. Encore élève de l'Institut agronomique, il avait déjà fait d'ailleurs un stage au jardin d'essais de Tunis. Après un an passé à Alger, il revient à la Sorbonne, entre au Laboratoire de M. Gaston Bonnier, en qualité de préparateur-adjoint ; il s'occupe avec zèle et compétence des travaux pratiques de Botanique générale et de ceux de Physiologie végétale.

Ajoutons pour compléter ce qui concerne la formation scientifique de C. L. Gatin qu'il a été pendant plusieurs années élève de M. Gabriel Bertrand au Laboratoire de chimie biologique de l'Institut Pasteur, et qu'il a fait un stage de deux mois au laboratoire du Professeur Strasburger de l'Université de Bonn.

On voit les diverses influences que Gatin a su heureusement utiliser : l'Institut agronomique, la Sorbonne, l'Institut Pasteur et un court stage chez un éminent cytologiste. Il en est résulté le goût du travail de laboratoire précis, exact et minutieux, le souci de la perfection des méthodes, en somme il subissait l'attraction de la Science pure en même temps qu'il ressentait une certaine préoccupation des applications pratiques.

Lors de ses débuts à Alger, il est amené tout naturellement à étudier les Palmiers, ayant autour de lui de nombreuses espèces indigènes ou introduites qui lui offraient d'excellents matériaux d'étude. Il continue à Paris à travailler dans le même sens : il en résulte une série de Notes qui ont paru dans les Comptes rendus de l'Académie des Sciences, dans le bulletin de la Société Botanique de France, enfin dans la Revue générale de Botanique dont il a été un collaborateur très actif. Je ne puis citer ici toutes ces notes ; voici le titre de celles qui me semblent les plus caractéristiques : Sur les phénomènes morphologiques de la germination et sur la structure de la plantule chez les Palmiers — Sur les états jeunes de quelques Palmiers — Sur l'albumen du *Phytelephas macrocarpa*, présence dans cet albumen d'un corps soluble dans l'alcool, susceptible de donner du mannose par hydrolyse, etc...

Dans ces diverses notes,on voit se développer les tendances qui ont abouti aux deux parties de l'excellente thèse de doctorat soutenue par C. L. Gatin : Recherches anatomiques et chimiques sur la germination des Palmiers (*Ann. des Sc. nat. bot.* III, 9$^{e}$ série, 1906, p. 191 à 315).

La question du développement de l'embryon des Palmiers est fort délicate et les divers auteurs qui s'étaient autrefois occupés de ce sujet étaient arrivés à des conclusions en partie contradictoires. Cela tient probablement au fait suivant que Gatin a mis fort bien en évidence : la germination des Palmiers comporte deux phases, la première correspond à un allongement externe du cotylédon, ce n'est à proprement parler que l'achèvement de la maturation de l'embryon ; la seconde phase est la germination proprement dite comparable à la germination d'une Graminée. Martius avait distingué deux types de germination : la germination admotive et la germination rémotive suivant que la plantule se développe tout contre la graine ou à une certaine distance de cette dernière. Gatin distingue trois types d'embryons et il montre que la forme extérieure de la germination dépend de la disposition de l'embryon.

L'étude détaillée de la formation de la plantule conduit à comparer ce qui se passe chez les Palmiers avec le mode de développement observé chez les autres Monocotylédones. Ce serait des Graminées que les Palmiers se rapprocheraient le plus, à la fois par les caractères de leur racine embryonnaire et par la très grande différenciation de leur embryon. La forme du cotylédon est déterminée par la disposition de la cavité interne de la graine ; ce qu'on observe chez les Palmiers serait une objection à l'opinion de Miss Sargant ; la forme bifide du cotylédon ne prouverait pas, en ce cas, que les Monocotylédones dérivent d'ancêtres dicotylédones par fusion des cotylédons.

La partie chimique de la thèse aboutit aux conclusions suivantes : Pour la première fois, la présence du mannose a été mise en évidence dans la germination d'une graine à albumen corné, le *Borassus flabelliformis.* Dans la graine non germée de *Phytelephas macrocarpa*, Gatin a trouvé une substance soluble dans l'eau et l'alcool, capable de donner, par hydrolyse, du mannose. Il semblerait donc que, dans toutes les graines de Palmiers, graines à albumens cornés riches en mannanes, on devrait trouver du mannose pendant la germination. Il n'en est rien chez le Dattier : toutes les graines de dattes en germination ont donné non pas du mannose mais du dextrose. L'isomérisation en glucose, du mannose au fur et à mesure de sa formation, sous l'influence des diastases de la graine en germination, expliquerait ce fait mais les essais tentés pour saisir le phénomène n'ont pas été couronnés de succès. Rappelons en passant que des graines de Palmiers fort voisins présentent de très notables différences dans leur composition chimique.

Ce qui fait surtout l'originalité de cette thèse, c'est que l'auteur a donné une importance sensiblement égale à l'étude anatomique de la germination des Palmiers et à l'étude chimique, tandis que, dans la plupart des mémoires publiés sur des sujets analogues, un seul des deux ordres de questions est traité. Remarquons que ce n'est pas une chimie facile, celle des phénomènes de la germination. Il ne s'agit pas simplement de doser dans un albumen de graine non germée et dans un albumen partiellement digéré par l'embryon, la teneur en sucres réducteurs. Il faut encore déterminer avec précision ce que sont ces sucres.

Dans ce travail réunissant l'anatomie et la chimie, Gatin eut l'occasion d'appliquer les méthodes de la micrographie botanique et les méthodes chimiques dans ce qu'elles ont de plus précis.

Après cette thèse, on voit paraître de nombreuses notes qu'il serait trop long d'énumérer ici, les Palmiers y tiennent toujours une grande place, mais les observations de l'auteur s'étendent de plus en plus aux autres Monocotylédones. Complétant la partie chimique de sa thèse, Gatin met en évidence la transformation diastasique du mannose en glucose au cours de la germination du *Borassus flabelliformis*. Une courte note à la société de Biologie signale l'isomérisation du mannose en glucose sous l'action d'un ferment soluble. L'hypothèse proposée, dans le mémoire qui a fait l'objet de sa thèse, pour expliquer l'absence de mannose dans la graine de datte en germination devient ainsi de plus en plus plausible : L'isomérisation se produirait suivant la même loi chez le *Borassus* et chez le *Phænix*, seulement dans ce dernier cas, elle serait si rapide que le mannose ne pourrait pas être mis en évidence.

Il convient de nous arrêter un peu sur un autre mémoire publié dans les Annales des Sciences naturelles en 1908 : Recherches anatomiques sur l'embryon et la germination des Cannacées et des Musacées. — Les embryons des plantes de cette famille présentent un état de différenciation fort avancé et diffèrent par là beaucoup des Palmiers à germination admotive. La germination a lieu en deux temps comme chez les Palmiers, elle dépend aussi de la courbure de la plantule embryonnaire. Il est intéressant de remarquer que le genre *Heliconia* qui, dans la famille des Musacées, tient une place à part dans la classification, se distingue des autres plantes de cette famille par la faible différenciation de son embryon. Chez l'*Heliconia* comme chez un grand nombre de Palmiers, le cylindre central est différencié avant les autres parties de la radicule.

Chez les Cannacées et les Musacées, les faisceaux du cotylédon forment, à la base de la feuille cotylédonaire, un arc de cercle dont le plan de symétrie peut passer soit par un faisceau médian, soit entre deux groupes de faisceaux semblables en nombre et en disposition, ce qui est d'ailleurs le cas le plus fréquent. Gatin attachait une certaine importance à l'existence d'un faisceau médian dans le cotylédon de certains Palmiers ; il y voyait un argument nouveau à ajouter à ceux que l'étude des Palmiers lui avait fourni, contre l'hypothèse de l'origine dicotylédonaire des Monocotylédones, hypothèse si brillament soutenue par la regrettée Miss Ethel Sargant. Gatin, esprit prudent et restant toujours fort près des faits positifs n'indiquait ses idées sur de si hautes questions qu'avec les plus grandes réserves. Je ne crois pas que, dans son œuvre, on puisse trouver d'autres conclusions sur ce sujet que les très sobres allusions qu'on peut lire à la fin de sa thèse et à la fin du mémoire sur les Cannacées et les Musacées. Ce passionnant problème de l'origine des Monocotylédones intéressait particulièrement notre regretté camarade ; il espérait que la tératologie contribuerait à nous en donner la clef et il recherchait les échantillons de Monocotylédones pourvus de deux cotylédons par suite d'un déveveloppement anormal. Faute de matériaux suffisants, il n'a rien publié sur la question mais, si les circonstances l'avaient permis, il aurait certainement poursuivi dans cette voie ses recherches avec sa persévérance habituelle.

L'œuvre dont je viens de donner un tableau abrégé est une œuvre de laboratoire, elle n'intéresse que la Science pure. Mais, en C. L. Gatin, à côté de l'observateur vivait toujours l'ingénieur agronome préoccupé des applications pratiques de la science. Convaincu de l'importance des richesses naturelles des colonies françaises, il déplorait la manière défectueuse dont ces richesses sont utilisées. Il fut quelque temps préparateur au jardin colonial de Nogent et il ne s'est jamais désintéressé des productions végétales des colonies françaises.

En 1912, Gatin fut chargé des fonctions de chef des travaux au Laboratoire d'Agronomie coloniale de l'Ecole des Hautes-Etudes au Muséum d'Histoire naturelle, laboratoire dirigé par M. Auguste Chevalier qui a fait, en collaboration avec lui, un petit volume fort intéressant : Les végétaux utiles de l'Afrique tropicale française, Palmiers utiles (actuellement sous presse).

Les questions d'agronomie coloniale ont fourni le sujet au dernier travail de notre regretté camarade, quelques jours à peine avant que la mobilisation vint l'appeler au don complet de lui-même.

Du 24 Juin au 9 Juillet 1914, littéralement à la veille de l'effroyable tourmente qui a laissé tant de deuils parmi nous, avait lieu à Londres une importante exposition internationale du caoutchouc et des grands produits coloniaux d'origine végétale. M. Perrot, professeur à l'Ecole de Pharmacie de Paris, avait été mis à la tête du commissariat de la section française ; Gatin lui était adjoint avec le titre de Sécrétaire général ; il s'est occupé très activement de cette exposition et il a donné dans le volume publié ensuite une étude très étendue sur le Palmier à huile. Dans ce travail, Gatin étudie en grand détail le genre *Elæis* tant au point de vue des espèces et des variétés qu'à celui de la géographie botanique, puis, abordant le côté pratique de la question, il donne un exposé très développé des modes de récolte et de culture, en un mot de toute la technologie du sujet. Il prévoit un très grand avenir pour l'utilisation de l'huile de palme.

J'ajouterai encore que C. L. Gatin est l'auteur d'un grand nombre d'ouvrages de vulgarisation parmi lesquels il convient de citer en particulier un petit volume sur le parfum et la fleur (en collaboration avec Charabot). Notons aussi une question pratique dont Gatin s'est occupé : l'influence nuisible du goudronnage des routes sur la végétation.

Pour beaucoup de Français, l'idée de patrie évoque surtout la pensée d'un certain nombre de devoirs qui, en tout temps, doivent tenir une place dans la vie d'un honnête homme mais qui restent, en quelque mesure, en marge de l'orientation générale de la vie. La guerre a fait nécessairement passer les devoirs patriotiques au premier plan, changeant ainsi les habitudes de pensée et de sentiment d'un grand nombre d'entre nous. Pour Gatin, il n'en a pas été ainsi et il n'a eu besoin de nul effort pour adapter son âme aux besoins de l'heure présente. Je suis certain de ne pas me tromper en disant que la pensée de la patrie était pour lui le point lumineux et fixe autour duquel venaient se grouper les autres éléments de sa vie morale.

Il était officier de réserve et il accomplissait ses périodes militaires avec le même zèle qu'il remplissait ses fonctions de préparateur. La guerre survint ; il se fit envoyer au front avant son tour régulier de départ. Blessé grièvement, malade d'une bronchite, évacué dans un hôpital, il n'accepta pas les deux mois de convalescence que les autorités lui attribuaient. Après un mois passé à Versailles, en famille, il obtint de retourner à son dépôt où il se donna tout entier à l'instruction des jeunes soldats. En réalité, guéri de sa bronchite, il l'était si peu de sa blessure que les premiers jours il est obligé de se faire conduire en voiture au champ de manœuvre où il retrouvait ses hommes. Actif à la caserne, comme au laboratoire, il composa un petit livre fort apprécié sur « les travaux de campagne. »

Malgré tout, la vie de dépôt, si semblable à la vie de garnison en temps de paix, ne pouvait satisfaire Gatin ; le front l'attirait ; il demanda à partir. Je ne puis mieux terminer ces quelques pages, qu'en citant le passage suivant de la lettre où son commandant le chef de bataillon G. Cassé-Barthe du 1er régiment mixte de zouaves-tirailleurs, raconte sa mort : « Il est tombé le 26 Février, en conduisant sa compagnie à l'attaque d'une position fortifiée. S'étant heurté à des réseaux de fil de fer que l'on croyait détruits, voyant ses hommes un peu désemparés, il a voulu stimuler leur ardeur et leur courage en se précipitant, la cisaille à la main, au milieu des défenses accessoires. C'est là qu'il s'est affaissé, à quelques mètres de l'ennemi, surpris par un terrible feu de mitrailleuses, qui se sont dévoilées subitement et qui ont abattu, à ses côtés, la plupart des braves gens qui le suivaient, grisés par son ardent héroïsme... Il avait eu la poitrine traversée par trois balles au côté gauche, à la hauteur du cœur ; il avait donc succombé presque instantanément. »

## LISTE DES TRAVAUX SCIENTIFIQUES

### 1902

1. Sur la structure des racines tuberculeuses du *Thrincia tuberosa* (En collaboration avec A. Maige). (*C. R. Acad. des Sciences de Paris*, CXXIV, pp. 302-303, fév. 1902).

### 1904

2. Sur les phénomènes morphologiques de la germination et sur la structure de la plantule chez les Palmiers. (*C. R. Acad. des Sciences de Paris*, CXXXVIII, pp. 594-595, n° 9, fév. 1904).

3. Sur les états jeunes de quelques Palmiers. (*C. R. Acad. des Sciences de Paris*, t. CXXXVIII, pp. 1625-1631).

4. Observations sur la germination et la formation de la première racine de quelques Palmiers. (*Revue générale de Botanique*, t. 16, pp. 177-187, 7 fig., mai 1904).

5. Sur l'albumen de *Phytelephas macrocarpa* R. et P., Présence dans cet albumen d'un corps soluble dans l'alcool, susceptible de donner du mannose par hydrolyse. (*Soc. Bot. de France*, t. LI, août 1904, pp. X-XIV).

### 1905

6. Quelques cas de polyembryonie chez plusieurs espèces de Palmiers. *(Revue générale de Botanique*, t. 17, pp. 60-65, 11 fig., 1905).

7. Un cas de polyembryonie chez le *Musa ensete. (Bull. Soc. Bot. de France*, t. LII, pp. 277-278, 1 fig., mai 1905).

8. Action de quelques diastases animales sur certaines mannanes. (En collaboration avec Mme Gruzewska). *(C. R. Soc. de Biologie*, t. LVIII, pp. 847-849, 20 mai 1905).

9. Contribution à l'étude chimique du *Borassus flabelliformis. (Bull. Soc. Bot. de France*, t. LII, pp. 558-561, 1 fig., 24 nov. 1905).

10. Sur la radicule embryonnaire du *Musa ensete. (Bull. Soc. Bot. de France*, t. LII, pp. 638-640, 1 fig., 1 pl., Déc. 1905).

### 1906

11. Recherches anatomiques et chimiques sur la germination des Palmiers (Thèse de Doctorat). *(Ann. des Sc. Nat., Bot.*, III, 9ᵉ série, 1906, pp. 191-315, 58 fig., 11 pl.).

12. IIᵉ Congrès international de Botanique (Vienne, juin 1905). Partie scientifique. *(Bull. Soc. Bot. de France*, t. LII, Sess. extrᵉ, 1905, pp. LXXII-LXXXVII).

13. Notice nécrologique sur P.-A. Gauchery. *(Bull. Soc. Bot. de France*, t. LIII, pp. 577-578, 8 nov. 1906).

14. Nouvelles contributions à l'étude chimique du *Borassus flabelliformis. (Revue générale de Botanique*, t. 18, 216, pp. 481-484, 25 déc. 1906).

### 1907

15. Sur le développement des pneumathodes des Palmiers et sur la véritable nature de ces organes. *(C. R. Acad. des Sciences*, t. CXLII, nᵒ 11, pp. 649-651, 18 mars 1907).

16. Observations sur l'appareil respiratoire des organes souterrains des Palmiers. *(Revue générale de Botanique*, t. XIX-221, pp. 193-208, 13 fig., 15 mai 1907).

17. Formations péridermiques dans le pétiole du cotylédon de quelques Palmiers. *(Bull. Soc. Bot. de France*, t. LIV, pp. 206-212, 5 fig., 26 avril 1907).

18. Note sur une graine de *Musa Arnoldiana* de Wild. dépourvue d'albumen. *(Malpighia*, Anno XXI, 3 p., 2 fig., 1907).

19. De la digestibilité des mannanes par les diastases des animaux supérieurs. [En collaboration avec Mme Gruzewska]. *(Bull. Sc. pharmacologiques*, t. XIV, nᵒ 8, pp. 447-452, août 1907).

### 1908

20. Anatomie et développement de l'embryon chez les Palmiers, les Musacées et les Cannacées. *(C. R. Acad. des Sciences*, t. XLVI, pp. 938-940, 4 mai 1908).

21. Un cas de polyembryonie chez le *Triglochin palustre* L. et une germination anormale de l'*Arisarum vulgare* Targ. Tozz. [En collaboration avec S. Buchet]. *(Bull. Soc. Bot.*, t. LV, 1908, pp. 164-170, 6 fig.)

22. Isomérisation du mannose en glucose sous l'action d'un ferment soluble. *(C. R. Soc. de Biologie*, t. LXIV-18, pp. 903-904, 29 mars 1908).

23. Transformation diastasique du mannose en glucose au cours de la germination du *Borassus flabelliformis* L. *(Bull. Soc. Bot. de France*, t. LV, pp. 383-386, 22 mai 1908).

24. Morphologie de la germination et ses rapports avec l'anatomie. *(Revue générale de Botanique*, t. 20, pp. 273-285, 15 juillet 1908).

25. Le parfum chez la Plante [En collaboration avec Eug. Charabot], 1 vol. de 404 pages avec 21 fig. Encycl. Sc. O. Douin, éditeur.

26. Polyembronie et polyspermie chez les Palmiers. (*Association française pour l'avancement des Sciences*, Clermont, 1908).

27. Recherches anatomiques sur l'embryon et la germination des Cannacées et des Musacées. (*Ann. des Sc. Nat. Bot.*, 9e Série, t. VIII, pp. 113-146, 34 fig., 2 pl.)

## 1909

28. La morphologie de la germination dans ses rapports avec la phylogénie. (*Revue générale de Botanique*, t. 21, pp. 147-157, 12 fig.)

29. Contribution à l'étude des Palmiers branchus. (*Bull. Soc. Bot. de France*, Sess. extr. Tunisie, t. LVI, 1909, pp. CIII-CVII, 1 pl.).

## 1910

30. Utilisation de la xylane par le *Xylaria hypoxylon* L. [En collaboration avec M. Molliard]. (*Bull. Soc. Bot. de France*, t. LVII, pp. 127-131, Mars 1910.

## 1911

31. Premières observations sur l'embryon et la germination des Broméliacées. (*Revue générale de Botanique*, t. 23, pp. 49-67, 32 fig., 15 fév. 1911).

32. Table chauffante à température réglable. (*Annales de l'Institut Pasteur*, t. 25, nº 7, pp. 555-557, 1 fig., juillet 1911).

32 bis. Même publication dans le *Bulletin des Sciences pharmacologiques*, nº 3, mars 1911).

33. Les Algues marines utiles et en particulier les Algues alimentaires d'Extrême-Orient. [En collaboration avec Em. Perrot]. (*Annales de l'Institut Océanographique*, t. III, fasc. 1, 95 p., 10 pl., 11 fig.)

34. Influence du goudronnage des routes sur la végétation des arbres du Bois de Boulogne. (*C. R. Acad des Sciences de Paris*, t. 153, pp. 202-204, 17 juillet 1911).

35 Reproduction expérimentale des effets du goudronnage des routes sur la végétation avoisinante. (*C. R. Acad. des Sciences*, t. 153, pp. 688-689, 9 oct. 1911).

36. Modifications anatomiques produites chez certains végétaux par la poussière des routes goudronnées [En collaboration avec Fluteaux]. (*C. R. Acad. des Sciences de Paris*, t. 153, pp. 1020-1021, novembre 1911).

## 1912

37. Sur la structure de l'embryon des Zingibéracées et des Marantacées. (*C. R Acad. des Sciences*, t. 154, pp. 35-36, Janvier 1912).

39. Notes sur l'anatomie des organes souterrains de quelques *Erodium* africains (*Revue générale de Botanique*, t. 24, 1912, pp. 59-68, 6 fig.)

40. Le goudronnage des routes et son action sur la végétation avoisinante. (*Ann. des Sc. Nat., Bot.*, 9e série, t. XV, pp. 165-252, 12 fig., 11 pl.)

41. Les Palmiers. Histoire naturelle et horticole des différents genres. Paris, Encycl. Sc., O Douin, éditeur. 1912, 338 p., 46 fig.

42. Nouvelle contribution à l'étude de l'action des poussières goudronneuses sur les plantes. (*Annales de la Sc. agronomique franç. et étrang*, 11 p., 4 fig., mai 1912).

43. Déterminations cryoscopiques effectuées sur des sucs végétaux. Comparaison d'espèces de montagnes avec les mêmes espèces de plaine. [En collaboration avec Ch. Marie]. (*Association française pour l'avancement des Sciences*, 2 p., Dijon, 1911).

44. Sur l'embryon et la germination des Broméliacées. (*Association française pour l'avancement des Sciences*, 2 p., Dijon, 1911).

## 1913

45. Traité pratique du séchage des fruits et des légumes [En collaboration avec J. Nanot]. 1 vol. de 300 pages avec de nombreuses figures. (Librairie agricole de la maison rustique).

46. Les arbres, arbustes et arbrisseaux forestiers. 1 vol. de 170 pages avec 100 planches en couleur et 25 figures originales. Lechevalier, éditeur.

47. Les fleurs des bois. 1 vol. de 180 pages avec 100 planches en couleur et 50 figures originales. Lechevalier, éditeur.

48. L'action nuisible du goudronnage des routes sur les plantes et les moyens d'y remédier. Communication faite au *Congrès de Pathologie comparée.*

## 1915

49. Le Palmier à huile et ses produits. *Les grands produits végétaux des Colonies françaises,* ouvrage édité par les soins du Commissariat des Colonies françaises à l'Exposition internationale du caoutchouc et des grands produits coloniaux. Editeur Emile Larose.

50. Les Palmiers utiles. [En collaboration avec Aug. Chevalier]. — Sous presse.

51. Dictionnaire aide-mémoire de Botanique. — Sous presse. Lechevalier, éditeur.

# L'INULINE
# CHEZ LES VÉGÉTAUX
## GENÈSE ET TRANSFORMATION

par **M. H. COLIN**

---

## INTRODUCTION

L'inuline, découverte par Rose (1) dans les racines d'*Inula Helenium,* fut ensuite identifiée dans un grand nombre de plantes appartenant, pour la plupart, à la famille des Composées ou aux familles voisines.

On crut longtemps à l'existence de plusieurs principes différents tous désignés sous le même nom : l'inuline d'Aunée ne paraissait pas identique à l'inuline de Dahlia ou de Topinambour. Plus tard, on reconnut que ces divergences, en rapport avec l'origine de la substance, n'étaient que la conséquence du mode de préparation et devaient être attribuées aux impuretés qui se glissaient dans le produit essentiel. L'inuline, en effet, est souvent accompagnée, dans les racines ou les tubercules, de principes voisins, lévogyres, donnant, à l'hydrolyse, du lévulose surtout et dont il est plus ou moins commode de la séparer : telles sont, par exemple, la pseudo-inuline, l'inulénine, l'hélianthénine, la synanthrine, dans le tubercule de Topinambour.

Je me suis proposé, dans ce travail, d'étudier la façon dont l'inuline prend naissance chez les végétaux et les transformations qu'elle subit durant la période de repos d'abord, puis lors de la germination des tubercules ou de la montée à graines des racines.

---

(1) Valentin Rose. (*Gehlens Neues allg. Journ. d. Chem.*, t. III, p. 217, 1804).

Relativement à la genèse de l'inuline, la première question qui se pose est celle-ci : l'inuline n'est-elle qu'une substance de réserve ou faut-il la considérer comme un produit immédiat de l'assimilation chlorophyllienne, au même titre que l'amidon, par exemple ? Dans ce dernier cas, on doit pouvoir déceler la présence de l'inuline dans le parenchyme foliaire ; sinon, elle n'apparaîtra que dans les parties plus profondes de la plante, racines et tubercules.

Rien ne s'oppose, à priori, à ce que l'inuline se forme dans la cellule verte, par condensation plus ou moins rapide des sucres ; l'amidon, qui constitue la réserve hydrocarbonée la plus ordinaire, est déjà présent dans les feuilles, généralement du moins. On ne peut nier qu'il ait existé, en Physiologie végétale, une tendance à considérer que tous les hydrocarbones de réserve procèdent *immédiatement* de l'activité de la cellule verte, tandis que les tissus où s'amassent ces substances jouent simplement un rôle de magasin. La théorie d'A. Girard (1) sur l'accumulation du saccharose dans la racine de Betterave est la plus célèbre manifestation de cette tendance qui marquait une réaction contre les idées de Sachs et de Duchartre.

Un certain nombre d'auteurs affirment avoir observé de l'inuline dans les feuilles ; G. Kraus (2) l'a signalée dans les feuilles de *Selliera radicans*, H. Fischer (3) dans les feuilles de *Ligularia Kämpferi, Hertia crassifolia, Petasites niveus* et *officinalis*. Plus récemment, Grafe et Vouk (4) ont trouvé de l'inuline dans les feuilles de *Cichorium Intybus ;* ils en concluent que l'inuline n'est pas seulement une substance de réserve, mais un produit résultant directement de l'assimilation chlorophyllienne ; et, pour ajouter à la vraisemblance de leur opinion, ils allèguent la présence de la sinistrine dans les feuilles de *Yucca filamentosa* (5).

Cependant, il existe d'autres plantes dans lesquelles l'inuline ne peut être considérée comme un produit immédiat de l'assimilation chlorophyllienne : le Topinambour en est une ; ses feuilles comptent parmi les plus riches en amidon (1), ainsi que l'avaient remarqué déjà les anciens Botanistes. « Dans les Dahlias et les Topinambours, écrivait Sachs (2), l'amidon devient de l'inuline avant de pénétrer dans les racines. » Ce mode de formation de l'inuline à partir de l'amidon fut longtemps mis en doute par les Chimistes ; dans une discussion célèbre, Pasteur (3) déclarait ne pouvoir comprendre que l'amidon qui donne seulement du glucose à l'hydrolyse pût se transformer en sucre cristallisable formé de glucose et de lévulose ; Berthelot partageait l'avis de Pasteur. Des recherches plus approfondies nous ont familiarisés désormais avec ces isomérisations fréquentes dans les organismes ; il n'en reste pas moins que ces processus de la cellule vivante sont très éloignés des voies suivies au laboratoire et, par conséquent, entourés de mystère. Si nous constatons d'une façon certaine la présence de l'amidon dans les feuilles et de l'inuline dans les tubercules de Topinambour, les intermédiaires nous échappent et toute donnée nouvelle intéressant ces problèmes mérite de retenir l'attention.

---

(1) A. Girard. (*Ann. Inst. agron.*, 1884-85).

(2) G. Kraus. (*Botan. Zeit.*, t. XXXV, p. 329, 1877).

(3) H. Fischer. (*Cohns Beiträge z. Biol. d. Pflanzen*, t. VIII, p. 92, 1902).

(4) Grafe et Vouk. (*Biochem. Zeitschr.*, t. XLIII, p. 424, 1912 et t. XLVII, p. 320, 1912).

(5) Voir A. Mayer. (*Botan. Zeit.*, t. XLIII, p. 438, 1885).

Il semble, d'après ce que j'ai rapporté de l'opinion des auteurs, que l'on doive admettre pour l'inuline une double origine : elle prendrait naissance tantôt dans le parenchyme vert, tantôt dans les tissus profonds, tiges, racines ou tubercules. La nature ne présenterait donc que des cas particuliers, sans qu'il soit possible de dégager une loi générale. Pour donner une théorie de la genèse de l'inuline chez les végétaux, il serait nécessaire d'avoir étudié un grand nombre de plantes ; malheureusement, c'est un travail très long que de suivre les transformations des hydrates de carbone aux différentes époques de la végétation. J'ai dû me limiter à quelques plantes seulement, que j'ai choisies à dessein parmi celles qui, jusqu'alors, ont donné lieu aux recherches les plus nombreuses, le Topinambour, le Dahlia, la Chicorée, l'Aunée.

L'inuline, une fois emmagasinée, persiste-t-elle identique à elle-même jusqu'au moment de la germination ? Dès l'année 1867, Dubrunfaut (4) signalait ce fait remarquable que les tubercules de Topinambour, récoltés en mars, donnent un suc à pouvoir rotatoire positif, tandis que le jus des tubercules récoltés en octobre est fortement lévogyre ; il attribuait cette différence à la transformation de l'inuline en sucre cristallisable pendant la période de repos. L'évolution de l'inuline se traduit donc par une augmentation de la proportion de glucose dans les produits d'hydrolyse ; c'est là encore un processus remarquable, inverse de celui qui donnerait naissance à l'inuline à partir du glucose issu de l'amidon, et dont le laboratoire ne nous fournit aucun exemple. En terminant ses belles recherches sur l'inuline et les principes voisins contenus dans le Topinambour, Tanret (1) laissait espérer une étude approfondie des transformations des lévulosanes ; combien il est regrettable qu'il ait abandonné ce sujet ! Je dirai plus loin pour quelles raisons ses premières analyses durent l'induire en erreur sur la genèse de l'inuline dans les tubercules.

---

(1) Voir Brown et Morris. (*Journ. chem. soc.*, 1893, p. 604).

(2) Sachs. (*Physiologie végétale*, 1868, p. 405).

(3) Pasteur. (*C. R. Ac. Sc.*, t. LXXXI, p. 1072, 1875).

(4) Dubrunfaut. (*C. R. Ac. Sc.*, t. LXIV, 1867, p. 764).

Le Topinambour n'est pas la seule plante où s'accomplissent de semblables métamorphoses de l'inuline ; des phénomènes analogues se reproduisent dans la racine de Chicorée : le suc des racines récoltées en octobre fermente à peine ; en février-mars, la fermentation est énergique, ainsi que l'ont signalé Wolff et Geslin (2).

A la reprise de la végétation, le tubercule de Topinambour donne de nouvelles pousses, la Chicorée monte à graines ; peu à peu, tubercules et racines se vident et les hydrates de carbone qu'ils renferment contribuent à l'édification des tiges. Sous quelle forme s'effectue l'émigration de l'inuline vers les organes aériens ; passe-t-elle simplement dans la tige ou la transformation en sucres réducteurs s'opère-t-elle à l'intérieur du tubercule lui-même ?

## TECHNIQUE

Il paraît facile de séparer et de doser sucres, inuline et amidon dans les organes qui renfermeraient à la fois ces différents hydrates de carbone ; on commencerait par épuiser le matériel frais par l'alcool à 95°, à l'ébullition, pour entraîner les sucres ; l'inuline serait ensuite solubilisée dans l'eau chaude vers 60° seulement, pour ne pas toucher à l'amidon ; ce dernier resterait comme résidu ; il suffirait de le liquéfier par la diastase.

---

(1) Tanret. *(Bull. Soc. chim.*, 3ᵉ série, t. IX, p. 629, 1893).

(2) J. Wolff et B. Geslin. *(C. R. Ac. Sc.*, t. CLXV, p. 651, 1917).

Malheureusement, l'inuline est fréquemment accompagnée d'autres lévulosanes. A côté de l'inuline proprement dite, Tanret (1) a caractérisé, dans le Topinambour, quatre principes lévogyres qu'il considère comme des substances définies : la pseudo-inuline, l'inulénine, l'hélianthénine et la synanthrine. La solubilité de ces substances dans l'eau et l'alcool, à chaud et à froid, diffère notablement de celle de l'inuline ; on peut s'en convaincre en parcourant le tableau suivant établi sur les données de Tanret.

| | |
|---|---|
| *Inuline* | Insoluble, à froid, dans l'alcool à 60°.<br>Soluble, à l'ébullition, dans 2000 parties d'alcool à 60°.<br>Insoluble dans l'eau froide.<br>Soluble dans l'eau bouillante. |
| *Pseudo-inuline* | Insoluble, à froid, dans l'alcool à 60°.<br>Soluble, à l'ébullition, dans 6 parties d'alcool à 60°.<br>Soluble dans 400 parties d'eau à la tempér. de 10°.<br>Soluble dans 90 parties d'eau à la tempér. de 22°. |
| *Inulénine* | Insoluble, à froid, dans l'alcool à 70°.<br>Soluble, à l'ébullition, dans 9 parties d'alcool à 70°.<br>Soluble dans quelques parties d'eau froide.<br>Soluble dans l'eau bouillante. |
| *Hélianthénine* | Soluble, à froid, dans 7, 5 parties d'alcool à 60°.<br>Soluble, à l'ébullition, dans 4, 4 parties d'alcool à 80°.<br>Soluble dans son poids d'eau froide. |
| *Synanthrine* | Soluble, à froid, dans 10 parties d'alcool à 84°.<br>Soluble, à l'ébullition, dans l'alcool fort.<br>Soluble, en toutes proportions, dans l'eau froide. |

Dans ces conditions, il est impossible d'obtenir une séparation rigoureuse des différents hydrates de carbone, en épuisant successivement par l'alcool et par l'eau. On s'aperçoit bien vite que les extraits alcooliques de tubercules de Topinambour, par exemple, qui renferment cependant la totalité du saccharose et des traces seulement de réducteur, n'ont qu'un faible pouvoir rotatoire positif, ce qui laisse deviner la présence, dans ces extraits, de principes lévogyres en quantité appréciable.

Tanret (2) a proposé une méthode de séparation qu'il décrit en ces termes : « Etant donné du suc de Topinambour, on commence par le déféquer à chaud par l'extrait de Saturne, ... etc., puis on l'additionne d'un grand excès d'eau de baryte concentrée et on précipite par de l'alcool à 90°, en une seule fois, tous les hydrates de carbone. On décompose le précipité par l'acide carbonique ; on fait bouillir, on filtre, puis on évapore à siccité. Le résidu, traité par l'alcool à 84° bouillant, lui abandonne l'hélianthénine qui se dépose en partie ; après un repos suffisant, la liqueur n'en retient que 1/100. Le résidu insoluble est alors traité par l'alcool à 70° bouillant qui enlève l'inulénine. Ce qui reste ne contient plus que la pseudo-inuline et l'inuline qu'on sépare en les traitant par 10 parties d'alcool à 60° bouillant ; la pseudo-inuline y passe et l'inuline reste indissoute. » Evidemment, le saccharose et la synanthrine ont été solubilisés par l'alcool fort, à froid, avant toute autre opération.

---

(1) Tanret. (*Bull. Soc. Chim.*, 3e série, t. IX, pp. 200, 227, 622, 1893).

(2) Tanret. (*loc. cit.*, p. 629).

Cette méthode est longue et pénible ; excellente lorsqu'il s'agit de préparer les corps précédents, elle ne peut se prêter aux dosages fréquents qu'exigent les recherches de Physiologie, quand bien même on la simplifierait en supprimant le traitement à la baryte ; de plus, elle ne permet pas d'isoler la synanthrine du saccharose et, par conséquent, laisse subsister la partie du problème la plus difficile.

Autant vaut alors extraire globalement les hydrates de carbone, soit qu'on les obtienne en totalité par l'épuisement des organes à l'eau bouillante, soit qu'on les fractionne au moyen de deux traitements successifs à l'alcool fort et à l'eau, le saccharose passant dans l'alcool ainsi que les principes faiblement lévogyres, le reste se dissolvant dans l'eau. Les liquides d'épuisement, après concentration sous pression réduite s'il s'agit des extraits alcooliques, sont déféqués par l'extrait de Saturne ou par l'acétate neutre de plomb lorsqu'on craint d'entraîner du réducteur ou de l'inuline ; on élimine l'excès de plomb par le carbonate de soude le plus souvent, puis on acidifie très légèrement par l'acide acétique. Voici les renseignements que l'on peut obtenir de ces liqueurs renfermant l'ensemble des hydrates de carbone solubles, y compris le saccharose et le réducteur.

*(A suivre.)*

# NOTES PALÉOPHYTOLOGIQUES

SUR LE

# CARBONIFÈRE DU BASSIN DE LA BASSE-LOIRE

### par M. A. CARPENTIER

La flore fossile du bassin de la basse-Loire est connue dans le détail grâce aux études de M. Edouard Bureau. Guidé par son travail de synthèse (1) j'ai eu l'occasion, ces mois derniers, d'examiner les empreintes carbonifères que comprend la collection géologique de l'Université catholique d'Angers (2). Les observations ou remarques suivantes sont le résultat de cette étude et de quelques recherches personnelles sur le terrain ; elles ont pour objet des empreintes de *Lycopodinées*, de *Filicinées* et de *Ptéridospermées*. Ces dernières, élevées au rang de *Gymnospermes*, apparues dès le Dévonien (*Archaeopteris*, divers *Sphenopteris*), étaient bien développées à l'époque du *culm*, c'est-à-dire durant les temps carbonifères qui précédèrent le dépôt des riches gisements de houille du Nord de la France. Le *culm* de la basse-Loire apparait comme nettement antérieur à la formation des veines de la subdivision $A^2$, établie par le regretté Zeiller dans sa « Flore fossile du bassin de Valenciennes » ; ce *culm*, par ses assises supérieures, passerait insensiblement à la subdivision $A^1$ du même auteur.

## I. LYCOPODINÉES

Cette classe de Cryptogames vasculaires est abondamment représentée dans le *culm* des environs d'Angers ; les empreintes de *Stigmaria,* de *Lepidodendron,* de *Lepidophloïos* et d'*Ulodendron* y sont fréquentes. Le genre *Sigillaria* fait son apparition, mais demeure rare, le fait a déjà été signalé par le savant Grand'Eury en 1877 (1).

---

(1) E. BUREAU. Bassin de la Basse-Loire, fasc. II. *Etudes des gîtes minéraux de la France*, p. 417, pl. 80, 1914.

(2) M. le Professeur FERRONNIÈRE m'a permis d'utiliser les précieux documents de cette collection ; M. l'abbé GUÉRY, bibliothécaire de l'Université, a photographié les empreintes dont il est question. Qu'ils veuillent bien agréer l'expression de mes remerciements.

### Genre **Sigillaria** Brongniart.

**Sigillaria Schlotheimi** Brongt.' f. **communis** Koehne. Pl. 3, fig. 1. (2).

M. l'abbé Hy a trouvé en 1878 plusieurs fragments appartenant à ce *Sigillaria,* près de la chapelle Sainte-Barbe-des-Mines, commune de Chalonnes (Maine-et-Loire). Les côtes sont peu visibles ; des stries longitudinales très nettes, anastomosées en réseau, coupées par places de stries obliques, ondulent autour des cicatrices foliaires : cette striation, due à des fibres corticales, est bien marquée sur un spécimen antérieurement figuré et provenant du même gisement (3). Les cicatrices foliaires mesurent de 4 à 4 mm. 1/2 de largeur sur 3 mm. de longueur ; sur une même verticale la distance qui sépare deux cicatrices superposées est de 15 à 16 mm. ; la cicatrice offre au milieu du bord supérieur une excavation, d'où part une apparence d'aigrette dans certains cas.

Affinités. — Des *Sigillaria* représentés dans les travaux de M. E. Bureau, c'est du *Sigillaria venosa* Brongniart que ce spécimen se rapproche davantage (4) ; toutefois chez le *S. venosa* les cicatrices foliaires sont plus allongées, les stries moins nombreuses et moins accentuées. Mais il est évident que ce sont là des formes voisines. Les affinités sont marquées pour le *S. Lepidodendrifolia* dont les stries longitudinales sont plus serrées et moins grêles que chez le *S. venosa.* Des stries principales dessinent des surfaces fusiformes sur l'écorce dont il s'agit et ces surfaces sont renflées au niveau des cicatrices où elles mesurent de 6 à 7 mm. de largeur.

Observation. — L'échantillon-type, d'après lequel Brongniart a créé le *Sigillaria venosa*, n'a pu être retrouvé par M. E. Bureau (1). De plus cette espèce n'est signalée qu'au puits Saint-Jacques, à la Flandrière, département de la Loire-Inférieure. La découverte de M. l'abbé Hy est donc d'autant plus remarquable.

---

(1) C. Grand'Eury. Flore carbonifère du département de la Loire et du centre de la France. (*Memoires présentés par divers savants à l'Académie des Sciences,* t. XXIV, 2e série, p. 415, 1877).

(2) W. Koehne in Potonié : Abbildungen und Beschreibungen fossiler Pflanzen Reste. Lief. I, 1903, 19 ; fig. 3-7.

(3) *Mémoires de la Société géologique du Nord,* t. VII, II, p. 372 ; pl. VI, fig. 6 et 7, 1913.

(4) E. Bureau. (*op. cit.,* 1914, p. 199 ; pl. XXXVII, fig. 8).

**Sigillaria** aff. **elongata** Brongniart. Pl. 3, fig. 2, 2 A.

Sigillaire à côtes très nettes ; cicatrices proéminentes, allongées (mesurant 8 mm. de longueur), nettement rétrécies au sommet; cicatrices du parichnos grandes ; intervalles, qui séparent les cicatrices foliaires, ornés de rides transversales ; une ride transversale au-dessus de chaque cicatrice.

Affinités. — Cette forme appartient au groupe complexe des *S. rugosa* et *S. elongata* de Brongniart ; ses cicatrices foliaires ne portent pas d'aigrette, comme les *S. rugosa* Brongniart, f. *cristata*, mais cette aigrette est-elle caractéristique de toutes les formes du *S. rugosa ?* Les cicatrices du *Sigillaria* cf. *elongata* ressemblent par leur disposition, leur dessin général à celles du *S. Boblayi* que M. Kidston a signalé dans le houiller du Shropshire (Angleterre) et qui se distingue toutefois par la netteté des angles latéraux de ses cicatrices foliaires (2).

M. E. Bureau note la présence du *S. rugosa* Brongniart à la Censerie, commune de Varades (Loire-Inférieure), mais les cicatrices du spécimen décrit sont mal conservées (3). L'échantillon de la collection de l'Université catholique d'Angers provient de Sainte-Barbe-des-Mines, Chalonnes, Maine-et-Loire ; c'est une forme qui me semble rappeler beaucoup les *Sigillaria* aff. *elongata*, fréquents dans le Westphalien du Nord de la France et, pour préciser, dans la zone $A^2 B^1$ du bassin de Valenciennes.

## Genre **Lyginodendron** Gourlie (4).

On a dénommé de la sorte des empreintes d'écorces, caractérisées par des crêtes et des dépressions fusiformes, dues à l'existence d'un réseau de fibres de sclérenchyme, à mailles allongées, traçant le parenchyme cortical.

---

(1) E. Bureau. (*op. cit.*, 1914, p. 200).

(2) R. Kidston, T. C. Cantrill and E. E. L. Dixon. The Forest of Wyre and the Titterstone Clee Hill coal fields. (*Trans. Roy. Soc. Edinburgh*, vol. LI, part IV, n° 27, p. 1048 ; pl. IV, fig. 3, 3 A, 1917).

(3) E. Bureau. (*op. cit.*, 1914, pp. 193-196 ; pl. XXXVI bis, fig. 3 A, 3 B, 3 C).

(4) Voir à ce sujet A. C. Seward : Fossil Plants, vol. III, pp. 36, 37, 38, 1917.

### **Lyginodendron** sp. Pl. 3, fig. 3.

Empreinte mesurant 15 cm. de largeur et 20 de longueur ; les aires déprimées mesurent 13 cm., 15 cm. ; leur longueur, correspondant à la longueur des mailles du réseau fibreux, dépassait par place 15 cm. Les parties occupant les mailles du réseau, entre les paquets de fibres, étaient moins résistantes, constituées par du tissu mou parenchymateux, bien vite rempli par la boue, qui a donné le schiste ; ces régions de parenchyme en creux sur le vivant, sont en relief sur l'empreinte dont il est question. Cette structure en réseau pour laquelle Brongniart et d'autres paléobotanistes emploient le terme de *Dictyoxylon*, s'observe sur les tiges et pétioles de certaines Ptéridospermées, dont les fructifications mâles et femelles sont aujourd'hui connues. Il s'agit des *Lyginopteris*.

Ce genre *Lyginopteris* existe dans le culm, les gros rachis du *Sphenopteris Dubuissoni* Brongniart, plante commune dans le bassin de la Basse-Loire, offrent un réseau superficiel à mailles allongées ; mais les dimensions de ces rachis et des mailles de leur réseau sont toujours beaucoup moindres que celles du *Lyginodendron* étudié dans la présente note. Par sa taille ce dernier se place près du *Lyginodendron Landsburgii* Gourlie, tel que M. Seward en a récemment représenté un spécimen, conservé dans les collections de M. Kidston et provenant du carbonifère d'Ecosse ; il est voisin également du *Lyginodendron Sverdrupi* Nathorst et d'autres empreintes provenant du dévonien supérieur de la terre d'Ellesmere ou du culm du Spitzberg (1). Comme ces empreintes, le spécimen de Chalonnes appartient à une Lycopodinée arborescente, probablement au *Lepidodendron Veltheimianum* auquel M. E. Bureau rapporte une empreinte similaire (2), recueillie à Mouzeil (Loire-Inférieure).

### Genre **Syringodendron** Brongniart.

Sous ce terme on a souvent désigné des empreintes de tiges décortiquées de *Sigillaria*, offrant des cicatrices géminées ou ternées, provenant des deux cordons parenchymateux (*parichnos*) qui accompagnent de part et d'autre le faisceau ligneux foliaire.

---

(1) A. G. Nathorst. Zur Fossilen Flora der Polarländer. Teil I, Lief. IV. Nachträge zur Paläeozoischen Flora Spitzbergens, pl. VII, fig. 1, 1914.

(2) E. Bureau. (*op. cit.*, 1914, p. 136 ; pl. XLIII, fig. 2). L'échantillon de Chalonnes fait partie de la collection du Docteur Farges, Université catholique, Angers.

### **Syringodendron** sp. Pl. 3, fig. 4.

Le Docteur Farges avait recueilli à Chalonnes une empreinte mesurant 20 cm. de longueur et 10 de largeur. Les cicatrices géminées ont une longueur de 9 à 10 mm., dans chaque série oblique les paires sont distantes de 45 mm. ; les cicatrices sont subarrondies au sommet, allongées, subaigues vers la base ; la surface est couverte de fines stries longitudinales à anastomoses très obliques.

Attribution. — Le genre *Sigillaria* est peu répandu dans le culm. On peut donc se demander à quelle Lycopodinée arborescente se rapporte l'empreinte de Chalonnes. Stur et M. E. Bureau attribuent des empreintes identiques au *Lepidodendron Volkmannianum* Sternberg (1) ; les deux genres *Sigillaria* et *Lepidodendron* peuvent donc fournir les empreintes de genre *Syringodendron*, avec cette distinction, ce me semble : les cicatrices, sur les empreintes provenant de Sigillaires, sont disposées en séries régulièrement verticales et celles qui tirent leur origine de Lepidodendrons dessinent des séries obliques.

La structure intime a d'ailleurs révélé très sûrement ce fait que les *Lepidodendron* pouvaient donner lieu à des empreintes de genre *Syringodendron*. J'ai sous les yeux l'étude approfondie que Maurice Hovelacque a faite du *Lepidodendron selaginoides* de Sternberg. Or cet auteur écrivait, dans son résumé des modifications de structure que subissent les coussinets foliaires : « Peu à peu, le parichnos prend un grand développement et déborde de chaque côté de la trace foliaire ; il disparaît bientôt dans le plan médian et présente deux massifs latéraux distincts, formés de très grosses cellules, hypertrophiées, à parois minces. Ces massifs de parichnos, probablement glandulaires, aboutissent aux deux cicatricules latérales, en forme de parenthèses, que nous avons signalées sur la cicatrice foliaire, de chaque côté de la cicatricule libéro-ligneuse... (2) »

---

(1) Stur. Die Culm. Flora d. Ostrauer v. Waldenb. Schichten. (*Abhandlungen der K. K. Geologischen Reichsanstalt*, Bd. VIII, S. 400 ; Pl. XLI, fig. 4, 1877).

E. Bureau. (*op. cit.*, 1914, p. 127 ; pl. LVIII, fig. 4, 4 A ; pl. LIX, fig. 3).

(2) M. Hovelacque. Recherches sur le *Lepidodendron selaginoides* Sternb. (*Mémoires de la Société Linnéenne de Normandie*, vol. XVII, fasc. 1, p. 156, 1892).

Le *Lepidodendron Volkmannianum* a paru jusqu'ici très localisé dans le bassin de la Basse-Loire ; M. E. Bureau ne le connaît avec certitude qu'à Mouzeil (Loire-Inférieure).

## II. FRUCTIFICATIONS DE PTÉRIDOSPERMÉES

Les *Ptéridospermées*, déjà développées dès le dévonien supérieur ou famennien, sont nombreuses dans le culm de la Basse-Loire ; C. Grand'Eury, qui en avait exploré les principaux gisements, pouvait écrire en 1905 : « dans la Basse-Loire, les fougères qui me sont tombées sous les yeux m'ont paru toutes avoir porté des graines. » (1) Ces Ptéridospermées, dont Grand'Eury rattache les graines à quatre types principaux (2) doivent appartenir à la famille des Sphénoptéridées, entendue dans un sens très large. Il est cependant très difficile d'attribuer, sans doute possible, ces graines aux plantes qui les ont portées. En effet, ces plantes, comme les Cycadées actuelles, devaient être dioïques ; de plus elles ne sont conservées dans les schistes houillers qu'à l'état de fragments, souvent plus ou moins flottés et décomposés avant leur enlisement ; les inflorescences ou portions fertiles des frondes sont d'ordinaire privées des folioles qui en rendraient possible la détermination. Il n'y a donc certitude absolue que dans le cas de connexion. Les associations, si étroites soient-elles, ne peuvent jamais entraîner ce degré de certitude, mais seulement une plus ou moins grande probabilité.

### A. INFLORESCENCES FEMELLES ET GRAINES

On peut les classer en trois catégories artificielles, suivant leur connexion reconnue, ou leur plus ou moins fréquente association avec des feuillages stériles, ou l'absence de toute association.

### *1^re^ Catégorie : connexions.*

Parmi les Ptérisdospermées du culm de la Basse-Loire, le *Wardia fertilis* White porte de petites graines losangiques sur des portions de pennes à folioles réduites (3).

---

(1) Cyrille GRAND'EURY. Sur les graines de *Sphenopteris*, sur l'attribution des *Codonospermum* et sur l'extrême variété des graines de fougeres. (*Comptes Rendus*, 20 nov. 1905, t. CXLI, n° 21, p. 815).

(2) *Ibid.*, p. 813.

(3) *Aneimites fertilis* White. Cf. E. BUREAU (*op. cit.*, 1914, pp. 267-269 ; pl. XVI, fig. 1, 1 A, 1 B, 2, 3).

### *2^me Catégorie : associations.*

#### **Sphenopteris Dubuissoni** Brongniart.

Dans la note déjà mentionnée, Grand'Eury signalait la rencontre de petites graines sur des plaques schisteuses qui montrent des *Sphenopteris : Sph. Dubuissoni, Sph. elegans, Sph. dissecta* de Brongniart. Les graines qu'il attribue au *Sph. Dubuissoni* sont du genre *Lagenospermum* de Nathorst. M. E. Bureau note la même association, que j'ai retrouvée sur plusieurs fragments de schiste provenant de Mouzeil (Loire-Inférieure) (1). J'ajouterai que, dans le Westphalien du Nord de la France, j'ai été amené à rapporter avec autant de probabilité au *Sphenopteris obtusiloba* Brongniart de petites graines semblables au *Lagenospermum Sinclairi* Arber. Or ce *Sphenopteris obtusiloba* a le port du *Sph. Dubuissoni.*

#### **Sphenopteris tenuifolia** f. **Linkii,** E. Bureau. (2)

Se basant sur le principe d'associations fréquentes, M. E. Bureau attribue à ce *Sphenopteris (Calymmatotheca) Linkii* de Stur, des inflorescences à axes plusieurs fois dichotomes, portant à leurs extrémités des cupules munies de 8 lobes. Les graines que contenaient ces cupules sont inconnues. Il s'agit ici encore de *Lagenospermum*. En 1909, Behrend a d'ailleurs rapporté au *Sphenopteris gracilis* Schloth. sp., le *Sph. Linkii* de Stur et signalé l'association de petites graines, encloses dans des cupules, avec les frondes de ce *Sphenopteris* (3).

### *Névroptéridées.*

Les *Nevropteris* et surtout les *Alethopteris* sont rares dans le culm, fréquents dans le Westphalien et le Stéphanien ; des graines à testa complexe, munies de 3, 6 ou 12 côtes, parfois prolongées en ailes, leur ont été attribuées.

#### **Neuropterocarpus ellipticus** E. Bureau sp. (4).

Cette graine à testa fibreux ne laisse pas de rappeler les graines trouvées par M. Kidston en connexion avec le *Nevropteris heterophylla*. Elles sont obtuses au sommet et ressemblent beaucoup à certains *Neuropterocarpus* du Westphalien du Nord de la France (1). Deux *Nevropteris* sont signalés dans le culm de la Basse-Loire : *N. Schleani* et *N. antecedens* de Stur. MM. A. Renier et P. Bertrand ont déjà fait connaître la présence de graines avec le *N. Schleani* en Belgique et dans le Nord de la France, mais je n'en connais pas de descriptions détaillées.

---

(1) E. Bureau. *(op. cit.*, 1914. pp. 255, 256). Pour M. E. Bureau, le *Sphenopteris Dubuissoni* de Brongniart comprend le *Sph. Stangeri* de Stur.

(2) E. Bureau. *(op, cit.*, 1914, p. 251, pl. XIV, fig. 1, 1 A, 1 B).

(3) Behrend in Potonié : Abbildungen u. Beschreibungen fossiler Pflanzen Reste. Lief VI, 102, S, 2, 3, 1909.

(4) E. Bureau. *(op. cit.*, 1914, p. 293, pl. XLI, fig. 6, 6 A). Au sujet du genre *Neuropterocarpus* Grand'Eury, voir A. C. Seward, Fossil Plants, vol. III, p. 116, 1917.

C'est également à des Névroptéridées que se rapporteraient les empreintes de graines que M. E. Bureau détermine *Hexagonospermum rugosum* n. sp. et *Rhabdocarpus tunicatus* Gœppert et Berger (2). Cette dernière, qui n'a été rencontrée que dans le Stéphanien, serait importante à noter ici. *Hexagonocarpus rugosus* E. Bureau sp. offre sur le testa un réseau semblable à celui d'autres graines, dont quelques-unes ont été représentées dans cette Revue (3).

### $3^{me}$ *Catégorie : graines isolées.*

Parmi les empreintes de graines que contient le travail de M. E. Bureau, l'une des plus curieuses est le *Rhabdocarpus Bochschianus* Gœppert et Berger (4), qui par sa forme elliptique et son tube micropylaire allongé rappelle beaucoup le genre *Thysanotesta* de Nathorst. Le spécimen de la Basse Loire est toutefois plus grand que le *Thysanotesta sagittula* du culm du Spitzberg.

On devra sans doute ranger dans le genre *Holcospermum* de Nathorst (5) la petite graine à douze côtes, déterminée *Rhabdocarpus globosus* par M. E. Bureau (6).

Enfin C. Grand'Eury a trouvé, dans le culm, des empreintes de graines, relativement grandes, à base charnue, à six valves en partie disjointes (7). Mais il faudra attendre la description détaillée et les figures de ces graines pour les rattacher à tel ou tel groupe de Ptéridospermées.

---

(1) *Revue générale de Bot.*, t. XXVII, pl. VII, fig. 6, 1915.

(2) E. BUREAU. (*op. cit.*, pp. 291, 292 ; pl. XLI, fig. 5, 5 A, 4, 4 A et p. 293, pl. XXIX, fig. 4).

(3) T. XXVII, 1915, pl. VII, fig. 1, 2.

(4) E. BUREAU. (*op. cit.*, 1914, p. 295, pl. LXXV, fig. 6, 6 A.

(5) A. G. NATHORST. Zur Fossilen Flora der Polarländer, Teil I, Lief. IV. Nachträge zur Pälaeozoischen Flora Spitzbergens, 1914.

(6) *Op. cit.*, 1914, p. 294, pl. LXXV, fig. 3.

(7) C. GRAND'EURY. (*op. cit.*, 1905, p. 812).

### B. Inflorescences et fructifications males

Les empreintes en sont peu connues dans le culm de la Basse-Loire ; mais on sait par ailleurs que les Ptéridospermées, à feuillages de *Sphenopteris*, portaient des inflorescences mâles et fructifications de genre *Crossotheca*, *Telangium*, sans doute de g. *Renaultia*, *Sphyropteris* etc. etc... Dans ces conditions, toute découverte est intéressante à signaler.

**Pterispermotheca** n. g. Pl. 3, fig. 5, 6 et 7.

Microsporanges (ou sacs polliniques) mesurant 2^mm^, 5 de longueur et 0^mm^, 8 de largeur maxima ; ovales-oblongs, souvent courbés à la base qui s'atténue insensiblement en un filet grêle ; sur quelques microsporanges une ride médiane. Les microsporanges pendent à l'extrémité d'axes dichotomes et constituent de petits groupes ou bouquets très délicats.

Affinités. — Ces fructifications ressemblent bien à celles que Stur et d'autres paléobotanistes ont attribuées à des Archéoptéridées, entre autres, au *Racopteris paniculifera* de Stur, à l'*Archæopteris Hitchocki* (Dn) D. White ; les microsporanges ont tout à fait la forme de ceux de l'*A. Hitchocki*, l'inflorescence est très voisine (1).

Il paraît donc naturel de rapporter à une Ptéridospermée (probablement Archéoptéridée), les fragments d'inflorescences dont il est question.

Des Archéoptéridées ont été signalées à l'état stérile dans le culm de la basse-Loire : le *Racopteris Virleti* Brongniart sp. en quelques localités de Maine-et-Loire et de la Loire-Inférieure, par M. E. Bureau (2). En 1878, M l'abbé Hy a recueilli, sur les déblais provenant d'un puits près de l'église Sainte-Barbe, à Chalonnes, quelques folioles qui ressemblent à celles du *R. paniculifera* Stur ; j'ai retrouvé les mêmes folioles, mais toujours isolées, dans le même gisement et dans la pierre carrée de la Haie-Longue, commune de Saint-Aubin-de-Luigné ; à Beaulieu, mine du Coteau, M. l'abbé Hy a découvert en 1878 la pinnule à bord lobé, à nervation névroptéroïdienne et plusieurs fois dichotome, qui est représentée sur la planche 3, fig. 8.

---

(1) Cf. G. Otis Smith and David White. The geology of the Perry Basin in Southeastern Maine. (*U. S. Geol. Survey*, prof. paper n° 35, p. 45 ; pl. III, fig. 5, 6 A. 1905).

(2) E. Bureau. (*op. cit.*, 1914, pp. 272, 273).

Mais, si ces schistes de Beaulieu, où les empreintes de *Pterispermotheca* ont été remarquées, contiennent des pinnules d'Archéoptéridées, ils ont fourni de même beaucoup de fragments de *Sphenopteris* divers : *Sph. elegans*, *Sph. distans*, *Sph. Dubuissoni*. Par conséquent les fructifications signalées à Beaulieu sont dénommées d'une façon générale *Pterispermotheca*, leur nature microsporangiale étant très probable et le terme *Pterispermostrobus* étant appliqué par Miss Stopes à des inflorescences de Ptéridospermées dont la vraie nature est inconnue (1).

### *Appendice à l'étude des Ptéridospermées :* genre **Zeilleria**.

**Zeilleria moravica,** Stur sp. (2) fig. 9 et 10.

Les petits organes, rappelant par leur forme des cupules quadrivalves, sont situés à l'extrêmité de minces pédicelles. La fig. 10, en sa partie droite, montre nettement 6 petits organes à 4 segments étalés comme une petite étoile; dans cette région, les pédicelles sont brisés à la base de l'organe cupuliforme et cette base détachée offre un léger mamelon. A gauche, cette même figure représente des organes en partie enfouis dans le schiste et offrant l'aspect de minuscules croissants. Ces figures complètent celles qui ont été données ici même de fructifications de même genre (3). La surface des segments, qui peut-être représentent des *microsporanges*, est ornée d'un réseau cellulaire très net.

Localité. — Ces beaux spécimens proviennent de Sainte-Barbe-des-Mines, à Chalonnes, où M. l'abbé Hy les a recueillis en 1878. On en connaît jusqu'à présent un gisement, la Tardivière, en Loire-Inférieure et deux gisements, Beaulieu et le Port-Girault, près Saint-Georges-sur-Loire (Maine-et-Loire) (4). Ce *Zeilleria* devait être abondant à Sainte-Barbe à certain niveau.

---

(1) Stopes. The « Fern Ledges » Carboniferous Flora of St John, New Brunswick. *(Dept. Mines. Geol. Surv. Canada*, Mém. 41, n° 38, p. 74 ; pl. XVII, fig. 45 ; pl. XXV, fig. 69, 1914).

Seward. *(op. cit.*, 1917, pp. 66 et 67).

(2) E. Bureau. (*op. cit.*, 1914, p. 276 ; pl. XVIII, fig. 1 à 4).

(3) *Revue générale de Botanique,* t. XXVII ; pl. 2-5, 1915.

(4) E. Bureau. *(op. cit.*, 1914, p. 278).

## III

## *SPHENOPTERIS (Diplotmema) DEPAUPERATA* E. Bureau sp. (1) Pl. 3, fig. 11.

Je rapporte à l'espèce décrite par M. E. Bureau un *Sphenopteris* que j'ai trouvé dans le culm de Saint-Aubin-de-Luigné (Maine-et-Loire). Il s'agit de portions ultimes d'une fronde très complexe, dont les axes étaient grêles mais rigides. Les rachis ultimes sont d'autant plus flexueux qu'ils sont plus grêles, ils sont même plus flexueux que dans l'espèce décrite par M. Bureau et par ce caractère rappelleraient les *Alcicornopteris* Kidston (2). Ce dernier genre est signalé dans les *grès calcifères d'Ecosse* et dans le culm du Mâconnais (3).

## IV. *GUILIELMITES UMBONATUS* Geinitz.

Disques déprimés en leur milieu et sur leurs deux faces, montrant de fines stries rayonnant d'ordinaire à partir du centre et paraissant de nature charbonneuse. Ces empreintes ont été remarquées dans divers gisements carbonifères et permiens. M. Bureau les signale dans le culm de Loire-Inférieure. Je viens de les trouver dans des schistes noirs, bitumineux, pyriteux entre la Haie-Longue et Ardenay (Maine-et-Loire). Ils mesurent 5 et 6 mm. de diamètre. M. Bureau les explique par des bulles d'air, M. Seward leur attribue une cause physique (4).

Il me souvient d'avoir trouvé dans le houiller du Nord, à la fosse Hérin des Mines d'Anzin, des empreintes similaires, gisant à côté ou entourant de petites graines hexagonales, comme le ferait un arille charnu ou un sarcotesta. Il se peut que toutes les empreintes connues sous le nom de *Guilielmites* ne doivent être attribuées indifféremment à des causes physiques.

---

(1) E. Bureau. *(op. cit.,* 1914, p. 89, pl. XX, fig. 3, 3 A.)

(2) R. Kidston. On the fructification of some ferns from the carboniferous formation. *(Trans. Roy. Soc. Edimb.,* vol. XXXIII, p. 152, pl. VIII, fig. 11-15).

(3) A. Vaffier. Etude géologique et paléontologique du Carbonifère inférieur du Mâconnais. *(Ann. d. l'Université d. Lyon,* N. S. I, fasc. 7, pp. 121-126 ; pl. VI, fig. 5 et pl. VII).

(4) E. Bureau. *(op. cit.,* 1914, p. 309).

A. C. Seward. Fossil plants, vol. III, p. 365, 1917.

## V. XÉROPHYTISME DES VÉGÉTAUX CARBONIFÈRES

Le nombre de Lycopodinées arborescentes à feuilles aciculées squamiformes ou spiniformes ; le développement des *Archæocalamites* à feuilles raides filiformes, tel que *A. scrobiculatus* Schotheim et des *Sphenophyllum* à axe ligneux dense ; la structure coriace des frondes découpées de Ptéridospermées ; l'abondance des poils sur les rachis des *Pecopteris*, *P. aspera*, *P. plumosa*, sur les rachis de *Sphenopteris : Sph. Stangeri* ou *Sph. Dubuissoni ;* la croissance sur certaines frondes filicoïdes d'aphlébies spiniformes comparables à celles des Zygoptéridées (1) ; le développement du tissu fibreux dans les écorces des *Lyginopteris*, des *Heterangium*, des Lycopodinées arborescentes etc., etc..., ce sont là autant de faits qui plaident en faveur du *xérophytisme* de la flore dès les premiers temps carbonifères.

Dans un travail sur le Carbonifère du Nord, j'ai eu l'occasion de formuler incidemment cette opinion : que la salure de l'eau du bassin houiller avait pu dans quelques cas contribuer à développer certains traits de xérophytisme (2). Il faut ajouter que beaucoup de plantes houillères vivaient, non pas dans l'eau saumâtre, mais dans des marais, milieux riches en acide humique et considérés comme *physiologiquement secs.*

De plus il convient de faire remarquer que dans le bassin de la basse Loire les rives et fonds des lagunes houillères étaient constitués par des roches de nature siliceuse, comme en attestent les grès, schistes, poudingues quartzeux qui forment le toit et le mur des veines de charbon.

Dans la nature actuelle laflore des rivages sablonneux et celle des marais présentent d'ailleurs des exemples frappants de convergence adaptative.

Au cours d'une étude sur la flore tertiaire de Calvert (Amérique du Nord), le paléobotaniste Berry, après avoir souligné les tendances xérophytiques de la plupart des dicotylédones de cette flore, voit là une preuve manifeste d'un habitat sablonneux ou marécageux,

---

(1) Voir entre autres : Scott. On *Botrychioxylon paradoxum* sp. nov. *(Trans. Linnean Soc. London,* Botany, vol. VII, pt 17, p. 381, 1912).

(2) *Mémoires de la Société Géologique du Nord,* t. VII, I, p. 284, 1913.

« ce dernier est *physiologiquement sec* et agit dans le même sens que le premier (1) ».

En résumé, en dehors de toute considération d'autres facteurs, le milieu où se sont développés les végétaux carbonifères (rives sablonneuses, marais ou tourbières, anses de rivages ou mares sublittorales) fournit en partie l'explication de leur xérophytisme (2).

## EXPLICATION DE LA PLANCHE 3

Fig. 1. — *Sigillaria Schlotheimi* Brongniart, f. *communis* Köhne ; très légèrement grossi. Localité : Ste-Barbe-des-Mines, Chalonnes (Maine-et-Loire).

Fig. 2, 2 A. — *Sigillaria* aff. *elongata* Brongniart, grossissement : à peu près 4/3. Localité : Ste-Barbe-des-Mines, Chalonnes.

Fig. 3. — *Lyginodendron* sp. ; gross. 6/14. Localité : Chalonnes.

Fig. 4. — *Syringodendron* ; gross. 6/7. Même localité.

Fig. 5. — *Pterispermotheca* n. g. ; gross. 30/25. Fragments d'inflorescence : m, microsporanges ; r, axe de l'inflorescence. Localité : Beaulieu (Maine-et-Loire).

Fig. 6. — *Pterispermotheca* n. g. ; gross. id. Portions d'inflorescence : r, axe grêle portant à l'extrémité de 2 ramifications latérales un bouquet de microsporanges. Même localité.

Fig. 7. — *Pterispermotheca*. gross. id. quelques microsporanges ; R, rachis du *Sphenopteris Dubuissoni* Brongniart. Même localité.

Fig. 8. — *Racopteris* sp. gross. 8/9 ; foliole. Même localité.

Fig. 9. — *Zeilleria moravica* Stur sp. ; gross. 1/1 ; portion de penne fructifiée. Localité : Ste-Barbe-des-Mines, Chalonnes.

Fig. 10. — *Zeilleria moravica* Stur sp. ; gross. 1/1. Provenance id.

Fig. 11. — *Diplotmema depauperatum* E. Bureau ; grandeur naturelle ; extrémités de fronde stérile. St-Aubin de Luigné (Maine-et-Loire).

---

(1) E. W. Berry. The physical conditions indicated by the Flora of the Calvert Formation. (*U. S. Geol. Surv. prof. pap.* 98-F., p. 65, 1916).

(2) Sur ce sujet et la bibliographie, consulter : A. C. Seward. Antartic fossil plants. *British Museum (Natural History). Brittsh Antartic « Terra Nova » expedition,* 1910, Geology ; vol. I, n° 1, p. 29, etc..., 1914.

# INFLUENCE DE L'ÉCLAIREMENT
# SUR L'ABSORPTION DU GLUCOSE
# PAR
# LES RACINES DES PLANTES SUPÉRIEURES

par Mme Dolorès CEBRIAN de BESTEIRO
et M. MICHEL-DURAND

## I. INTRODUCTION

L'atmosphère terrestre, par l'acide carbonique qu'elle contient, constitue pour les végétaux verts un immense réservoir de carbone. Sous l'influence de la lumière, les plantes à chlorophylle absorbent le gaz carbonique de l'air, fixent le carbone dans leurs tissus et rejettent l'oxygène. Cette fixation du carbone de l'air est en relation avec l'intensité de la lumière à laquelle les plantes se trouvent exposées.

Mais on sait que les végétaux verts ne prennent pas le carbone dont ils ont besoin exclusivement au gaz carbonique de l'atmosphère. Il résulte, en effet, des travaux de nombreux physiologistes, entre autres Laurent, Mazé, Molliard, Mlle Promsy, Ravin, que les plantes empruntent aussi le carbone aux composés organiques contenus dans le milieu où se développent leurs racines.

Ces deux séries de faits étant établis on s'est demandé si, à des lumières d'intensités différentes, et par conséquent dans des conditions où l'assimilation chlorophyllienne du gaz carbonique de l'air se produit avec des activités différentes, le rapport du carbone pris à l'air au carbone pris au sol sous la forme organique est le même. C'est pour résoudre cette question que Cailletet a entrepris des recherches dont les résultats ont été le sujet d'une note communiquée en 1911 à l'Académie des Sciences (1). Ce savant, frappé de ce fait que certaines Fougères, et la plupart des plantes d'appartement, se développent normalement dans un milieu où l'intensité lumineuse est telle, que, le plus souvent, d'après lui, la respiration l'emporte sur la fonction chlorophyllienne, fait remarquer que, dans ces conditions, il est difficile d'admettre l'origine atmosphérique de la plus grande partie du carbone assimilé par ces plantes. D'où deux séries d'expériences à l'effet d'établir :

1° l'insuffisance de l'assimilation de l'acide carbonique de l'air dans certaines conditions naturelles.

2° la prépondérance prise dans l'alimentation carbonée de ces végétaux verts par une forme de carbone autre que le carbone atmosphérique, le carbone organique du sol.

Dans le but d'établir le premier point, Cailletet effectue l'expérience suivante :

Des feuilles d'*Aspidistra* placées dans un mélange d'oxygène et de gaz carbonique sont exposées pendant quelques heures à une lumière diffuse « plus vive que celle qui permet à ces plantes de végéter normalement. »

Dans ces conditions, le gaz carbonique n'est pas décomposé par les feuilles et il y a absorption notable d'oxygène.

Mazé reprit ces expériences à l'effet de contrôler les résultats obtenus par Cailletet et confirma les recherches de ce savant.

Cailletet entreprit ensuite une deuxième série de recherches dans le but de savoir si des Fougères végétant dans un sol privé d'engrais organiques et placées dans un milieu faiblement éclairé peuvent vivre et se développer, en n'utilisant que l'acide carbonique de l'air comme source de carbone. Les expériences furent conduites de la façon suivante :

Des Fougères du genre *Adiantum* furent cultivées dans une serre ne laissant filtrer qu'une lumière très atténuée. Un certain nombre de pieds végétaient dans une terre entièrement débarrassée de toute trace de matière organique par une calcination préalable, et étaient arrosés avec une solution ne renfermant que des sels minéraux dissous dans l'eau. D'autres pieds, servant de témoins, étaient cultivés dans la terre de bruyère riche en matières humiques. Au bout de quelques semaines de végétation, les *Adiantum* cultivés en milieu exclusivement minéral se desséchaient tandis que les témoins se développaient normalement. Cailletet en conclut que « c'est donc dans les matières organiques renfermées dans le sol que ces végétaux puisent leur carbone ainsi que le font certains Champignons qui, dans une obscurité absolue, vivent aux dépens des matières minérales et végétales en voie de décomposition. »

---

(1) L. Cailletet. Sur l'origine du carbone assimilé par les plantes (*C. R. Ac. Sc.*, T. CLII, pp. 1215 à 1217, 1911).

Cailletet invoque d'ailleurs à l'appui de sa thèse les expériences de Mazé, Molliard et autres physiologistes dont nous avons déjà mentionné les noms, qui ont établi que les végétaux supérieurs peuvent absorber par leurs racines divers hydrates de carbone.

Ainsi donc, pour Cailletet, dès que la fonction chlorophyllienne devient insuffisante pour assurer la nutrition carbonée des végétaux, ces derniers peuvent absorber par leurs racines, à l'état de composés organiques, le carbone indispensable à leur développement.

Ce savant voit là un nouvel exemple « d'une fonction qui peut « s'accomplir chez les végétaux avec le concours de deux organes « différents. »

Maquenne (1) publia ensuite les résultats d'un certain nombre d'expériences relatives à cette question. Ces résultats l'amenèrent à constater que le phénomène était plus complexe que ne le laissaient prévoir les conclusions de Cailletet. Maquenne établit une distinction dans les végétaux chlorophylliens et les classe en plantes ombrophiles ou héliophobes et plantes ombrophobes ou héliophiles dont les puissances d'assimilation, à de mêmes intensités lumineuses, sont nettement différentes.

« Sans doute, il existe pour chaque espèce végétale une limite « d'éclairement pour laquelle l'assimilation chlorophyllienne est « exactement compensée par le phénomène respiratoire qui agit en « sens inverse, mais cette limite peut, dans le cas des plantes dites « ombrophiles, dont la respiration est peu active, descendre assez « bas pour assurer leur alimentation par voie uniquement gazeuse. »

Ayant effectué la mesure des échanges gazeux chez l'*Aspidistra* (plante héliophobe), par un temps sombre et pluvieux, il conclut que dans ces conditions « l'activité chlorophyllienne de l'*Aspidistra* ne le cède en rien à celle des autres espèces. »

---

(1) L. Maquenne. A propos d'une communication récente de M. Cailletet. (*C. R. Ac. Sc.*, T. CLII, N° 26, pp. 1818 à 1819, 1911).

Donc pour Maquenne, l'*Aspidistra* peut, dans les conditions de ses expériences, se suffire en carbone par sa seule fonction chlorophyllienne ; mais il a soin d'ajouter :

« Il n'y a évidemment là qu'une contradiction apparente, tenant à ce que la quantité de lumière en jeu dans les expériences de Cailletet était sans doute moindre que dans les miennes ; j'ai cru néanmoins utile de la signaler pour éviter toute équivoque et faire ressortir l'intérêt considérable qu'il y aurait dans ce genre de travaux, à mesurer, par voie photographique ou autre, l'éclairement moyen du milieu dans lequel se trouvent les sujets en expérience, de même qu'on mesure les températures dans l'étude systématique de la respiration. Il y a là toute une série de recherches à faire qui seraient de la plus haute importance pour la physiologie végétale parce qu'elles permettraient de comparer entre elles les puissances d'assimilation des différentes espèces, héliophiles ou héliophobes, de mettre ces puissances en regard, pour chaque température, des énergies respiratoires correspondantes et enfin de déterminer les limites encore inconnues à partir desquelles la fonction chlorophyllienne cesse d'être efficace. »

Dans le même ordre d'idées, Raoul Combes (1), en se servant d'intensités lumineuses variant graduellement depuis la lumière solaire jusqu'à l'ombre très épaisse, a mis en évidence la notion de variation des optima lumineux. Ce physiologiste a établi que les optima varient non seulement avec les espèces mais encore se déplacent avec les différents stades évolutifs du même végétal.

Enfin tout récemment, les travaux de E. Rosé (2), qui sont la continuation de ceux de Raoul Combes, nous amènent à des considérations générales sur le degré d'adaptation de l'assimilation des plantes vertes à des intensités lumineuses variables. Les résultats obtenus par cet auteur sur le *Pisum sativum* et le *Teucrium scorodonia* « montrent que les différentes espèces végétales à chlorophylle doivent présenter dans la nature des capacités d'adaptation à l'éclairement très différentes. » Quand l'éclairement est inférieur à celui de la lumière solaire la plante verte réagit, et par des modifications de forme, de structure ou de concentration chlorophyllienne, tend à conserver une intensité d'assimilation constante, spécifique pour le végétal considéré. Dans ces conditions d'éclairement faible, deux cas peuvent se présenter : le végétal est susceptible d'atteindre cette constante spécifique d'action chlorophyllienne ; il est dit alors ombrophile ou héliophobe, c'est-à-dire « capable de réagir contre un éclairement faible de manière à rétablir la même énergie assimilatrice que celle qui se produit en pleine lumière et effectuer son évolution complète aussi bien à l'ombre qu'au soleil » (1), ou bien la plante verte est incapable dans ces conditions d'atteindre cette constante ; dans ce cas le végétal est dit ombrophobe ou héliophile, c'est-à-dire « ne peut s'adapter à la lumière atténuée qu'entre des limites d'intensité lumineuse plus restreintes et plus voisines de la lumière maxima. »

---

(1) Raoul Combes. Détermination des intensités lumineuses optima pour les végétaux aux divers stades du développement. (*Ann. des Sc. nat. Botanique*, 9e série, t. XI).

(2) E. Rosé. Energie assimilatrice chez les plantes cultivées sous différents éclairements. (*Ann. des Sc. nat. Botanique*, 9e série, 1913, T. XVII, 1).

Ainsi se trouvent précisés les qualificatifs d'héliophile et d'héliophobe.

Un autre fait très important mis en évidence par Rosé est qu'une feuille développée à un faible éclairement peut, à la lumière solaire directe, assimiler davantage qu'une feuille développée à un éclairement fort.

L'auteur conclut de l'ensemble de ses recherches que « dans le « phénomène assimilateur la concentration chlorophyllienne, la « structure (étalement en surface), l'intensité lumineuse, sont liées. « Ces trois facteurs, le protoplasma n'étant pas atteint, se suppléent « — mais seulement dans certaines limites — pour maintenir cons- « tante et voisine du taux normal de l'espèce l'énergie assimilatrice « de l'individu (2) ».

Les résultats obtenus par Rosé, à la suite des nombreuses expériences qu'il fit porter sur une plante héliophile et sur une plante héliophobe typiques, sont tout à fait en accord avec ceux qui furent obtenus par Maquenne et que nous avons rappelés plus haut ; les plantes, telles que l'*Aspidistra* étudié par Cailletet et Maquenne, ou le *Teucrium scorodonia* étudié par Rosé, qui sont habituées à vivre à des éclairements faibles, s'adaptent à ces éclairements et parviennent à assimiler avec une intensité relativement grande lorsqu'elles vivent à ces faibles luminosités. Ces faits éclairent d'une manière particulièrement intéressante la première partie du problème posé par Cailletet :Nutrition des plantes héliophobes à de faibles intensités lumineuses aux dépens du gaz carbonique de l'air.

---

(1) E. Rosé. (*Loc. cit.*, p. 109).

(2) E. Rosé. (*Loc. cit.*, p. 110).

Il devenait intéressant d'appliquer les méthodes de recherches directes à l'étude de la deuxième partie de ce problème : Nutrition des plantes vertes, à différentes intensités lumineuses, aux dépens du carbone organique pouvant être absorbé par les racines.

En effet, s'il est bien établi qu'aux éclairements faibles, les plantes peuvent s'adapter et assimiler le gaz carbonique de l'air avec une intensité relativement grande, nous n'avons par contre que peu de renseignements sur la capacité d'absorption, par les racines, du carbone sous forme organique.

Raoul Combes a entrepris, en 1912, une série d'expériences en vue de déterminer la quantité de carbone organique sous forme de glucose pouvant être absorbé par une plante développée en culture pure et cela à deux intensités lumineuses différentes. Les résultats qu'il obtint, qui n'ont d'ailleurs pas été publiés, lui permirent d'espérer que l'on pourrait réunir sur la question qui nous occupe des documents intéressants en abordant le problème par cette voie. Sur ses conseils, nous avons entrepris de nouvelles expériences en utilisant les techniques qu'il a établies et en réalisant des cultures pures, non pas seulement à deux intensités lumineuses, mais à quatre luminosités différentes, de façon à pouvoir suivre de plus près l'influence de l'éclairement sur l'absorption par les racines du carbone organique, lequel était employé sous forme de glucose.

Ce sont les résultats obtenus dans ces recherches que nous allons exposer.

## II. TECHNIQUE

Nos recherches n'ont porté que sur une plante héliophile, nous réservant de les continuer sur une plante héliophobe ; la plante héliophile choisie est le *Pisum sativum*, pour lequel l'influence de l'éclairement sur l'assimilation est bien connue depuis les travaux de Rosé sur cette question.

Le Pois a donc été cultivé en culture pure, dans une solution de glucose, et suivant deux techniques, différentes par les conditions de végétation ; une première série de plantes ont développé leurs organes verts : tiges, feuilles, fleurs, fruits, à l'air libre et, par conséquent, dans des conditions semblables à celles qui se trouvent réalisées dans la nature. Dans une deuxième série de cultures, le développement s'est effectué dans des tubes clos dont l'atmosphère n'était en relation avec l'air libre que par des tubulures fermées au coton. Dans ces conditions, les plantes, quel que soit l'éclairement auquel elles sont exposées, n'assimilent que très faiblement l'anhydride carbonique de l'air, et à peu près également sous toutes les luminosités employées. Nous reviendrons plus loin sur les détails de ces techniques. Les intensités lumineuses employées, au nombre de quatre, sont celles que Raoul Combes a utilisées pour la détermination des optima lumineux aux différents stades de développement des végétaux (1).

Ces intensités lumineuses sont les suivantes :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Eclairement | I | correspondant à | l'éclairement | I | de R. Combes |
| — | II | — | — | II | — |
| — | III | — | — | III | — |
| — | IV | — | — | V | — |

L'éclairement I de R. Combes correspond, d'après E. Rosé, à environ 1/9 de la lumière solaire totale ; l'éclairement II à 1/3, l'éclairement III à 1/2, l'éclairement V, à la lumière solaire totale.

Les végétaux se sont développés, dans tous les cas, de façon que leur appareil radiculaire soit toujours à l'abri des microorganismes, leurs organes aériens croissant, soit à l'air libre, dans la première série de cultures, soit, dans la seconde série de cultures, en atmosphère limitée (qui dans ce cas est, comme le milieu de culture, dépourvue de tout microorganisme) ne communiquant avec l'air libre que par une tubulure fermée par un tampon de coton.

Le dispositif adopté pour le développement des organes aériens à l'air libre a été celui imaginé par Raoul Combes (2) ; il présente le précieux avantage d'obtenir des plantes qui « se développent à la fois dans un milieu nutritif stérile et dans des conditions aussi voisines que possible des conditions naturelles. » On trouvera dans un mémoire récemment publié par ce physiologiste, une description détaillée de cette méthode de culture (1). Nous ajouterons seulement ici que les appareils à culture employés avaient une capacité d'environ 1000 cm$^3$. Le milieu de culture utilisé a été le liquide de Knop ordinaire, auquel il a été ajouté du glucose dans la proportion de 4 °/$_{00}$. Les racines des plantes se développaient dans les solutions nutritives sans substratum solide.

---

(1) R. Combes. (*Loc. cit.*)

(2) R. Combes. Sur une méthode de culture des plantes supérieures en milieux stériles. (*C. R. Ac. Sc.*, T. CLIV, p. 891, 1912).

Dans la série d'expériences comportant le développement des organes aériens des plantes en atmosphère limitée, nous avons suivi une autre technique très voisine de la précédente, mais basée sur l'emploi de tubes étranglés analogues à ceux employés par Molliard dans ses recherches sur la sécrétion des racines. Cette technique se trouve également exposée en détail dans le mémoire de R. Combes auquel nous venons de faire allusion.

Le remplissage aseptique des flacons et des tubes préalablement stérilisés a lieu dans des conditions telles qu'il soit possible de connaître exactement le volume du liquide de culture contenu dans chaque flacon et dans chaque tube. La teneur du liquide en glucose étant déterminée au préalable, il est facile de calculer la quantité de glucose contenue dans chacun des flacons ou des tubes remplis.

Chaque graine de *Pisum sativum* a été pesée et on n'a utilisé que celles qui ne présentaient pas entre elles de différences de poids supérieures à 50 milligrammes.

Les graines ont été stérilisées à l'eau oxygénée, puis mises à germer dans des tubes à essais stérilisés, sur un substratum de coton hydrophile humide. Dès que la germination commença, chaque graine fut transportée dans un appareil à culture (appareil de Combes ou tube de Molliard), en prenant toutes les précautions habituelles pour éviter la contamination.

L'exposition aux différents éclairements des flacons et des tubes contenant les graines ayant commencé à germer a été effectuée le même jour ; une série de flacons à culture a été placée en même temps qu'un même nombre de tubes, sous les tentes abris de Raoul Combes, correspondant aux luminosités mentionnées plus haut.

---

(1) R. Combes. Recherches biochimiques expérimentales sur le rôle physiologique des glucosides chez les végétaux. I. — Etude préliminaire. (*Rev. gén. de Bot.*, T. XXIX et XXX, 1917 et 1918).

L'éclairement IV est réalisé par un abri en châssis vitré, correspondant par conséquent à la lumière solaire naturelle ayant seulement traversé une feuille de verre à vitre. Dans tous les autres éclairements, réalisés en interposant entre la lumière solaire et les plantes des toiles d'épaisseurs différentes, des châssis vitrés protégeaient également les cultures contre la pluie.

Les expériences ont été commencées le 6 août et arrêtées au moment où les plantes qui avaient fructifié présentaient des fruits mûrs. Tous les individus ont alors été photographiés, puis enlevés des tubes ou des flacons. Les racines ont été lavées, pour les débarrasser de toute trace de glucose. Le poids sec de chaque plante a été déterminé et nous avons distingué :

1° le poids sec des racines ;

2° le poids sec de la partie aérienne (axe hypocotylé, tige, cotylédons, feuilles, fleurs, fruits).

Les milieux de culture, auxquels on a ajouté les eaux de lavage des racines des plantes correspondantes, ont été analysés en prenant les précautions indiquées par Raoul Combes (1). Le dosage du glucose a été réalisé dans toutes ces expériences à l'aide de la méthode de G. Bertrand.

## III. EXPOSÉ DES RÉSULTATS

### A. Cultures en tubes de Molliard, les organes verts se développant en atmosphère limitée.

Les résultats de ces cultures sont réunis dans le tableau ci-dessous.

Les résultats contenus dans ce tableau peuvent se résumer de la manière suivante :

1° La quantité de glucose absorbée par les différents individus est à peu près la même quel que soit l'éclairement auquel ils ont été exposés. Les différences existant entre les quantités moyennes de glucose absorbé sous les quatre éclairements sont trop faibles pour qu'on puisse en tenir compte.

2° Le développement de l'appareil radiculaire est également à peu près semblable sous les quatre intensités lumineuses.

---

(1) Raoul Combes. *(Loc. cit.)*

## TABLEAU I

| ECLAIREMENTS | GLUCOSE absorbé par chaque plante | POIDS SEC DES RACINES | POIDS SEC DE LA PLANTE ENTIÈRE | GLUCOSE ABSORBÉ PAR 1gr DE SUBS. SÈCHE DE LA RACINE | GLUCOSE ABSORBÉ PAR 1gr DE SUBS. SÈCHE DE LA plante entière | Augmentation de poids sec au cours de la végétation |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Eclairement I** | | | | | | |
| 1re plante. . | 0, 0500 | 0, 0428 | 0, 1430 | 1, 1733 | 0, 3498 | — 0,0485 |
| 2me — . . | 0, 0427 | 0, 0316 | 0, 1330 | 1, 3531 | 0, 3215 | — 0,0585 |
| 3me — . . | 0, 0418 | 0, 0370 | 0, 1196 | 1, 1300 | 0, 3498 | — 0,0719 |
| 4me — . . | 0, 0311 | 0, 0336 | 0, 1282 | 0, 9283 | 0, 2433 | — 0,0633 |
| 5me — . . | 0, 0420 | 0, 0410 | 0, 1364 | 1, 0260 | 0, 3083 | — 0,0551 |
| Moyenne . . | **0, 0415** | **0, 0372** | **0, 1320** | **1, 1221** | **0, 3145** | **— 0,0595** |
| **Eclairem. II.** | | | | | | |
| 1re plante. . | 0, 0473 | 0, 0438 | 0, 1696 | 1, 0812 | 0, 2792 | — 0,0219 |
| 2me — . . | 0, 0554 | 0, 0414 | 0, 1724 | 1, 3392 | 0, 3215 | — 0,0191 |
| 3me — . . | 0, 0638 | 0, 0468 | 0, 1924 | 1, 3648 | 0, 3220 | + 0,0009 |
| 4me — . . | 0, 0429 | 0, 0376 | 0, 1584 | 1, 1480 | 0, 2713 | — 0,0340 |
| Moyenne . . | **0, 0524** | **0, 0424** | **0, 1732** | **1, 2333** | **0, 2985** | **— 0,0183** |
| **Eclairem. III** | | | | | | |
| 1re plante. . | 0, 0406 | 0, 0350 | 0, 2568 | 1, 1606 | 0, 1568 | + 0,0675 |
| 2me — . . . | 0, 0568 | 0, 0496 | 0, 1812 | 1, 1464 | 0, 3138 | — 0,0103 |
| 3me — . . | 0, 0382 | 0, 0280 | 0, 1596 | 1, 3638 | 0, 2392 | — 0,0319 |
| 4me — . . | 0, 0493 | 0, 0420 | 0, 1826 | 1, 1754 | 0, 2703 | — 0,0089 |
| 5me — . . | 0, 0385 | 0, 0410 | 0, 1732 | 0, 9389 | 0, 2222 | — 0,0183 |
| 6me — . . | 0, 0510 | 0, 0420 | 0, 1636 | 1, 2150 | 0, 3118 | — 0,0279 |
| 7me — . . | 0, 0546 | 0, 0440 | 0, 1596 | 1, 2310 | 0, 3424 | — 0,0319 |
| Moyenne . . | **0, 0470** | **0, 0403** | **0, 1827** | **1, 1759** | **0, 2652** | **— 0,0088** |
| **Eclairem. IV** | | | | | | |
| 1re plante. . | 0, 0404 | 0, 0315 | 0, 1735 | 1, 2847 | 0, 2332 | — 0,0180 |
| 2me — . . . | 0, 0518 | 0, 0446 | 0, 1818 | 1, 1631 | 0, 2853 | — 0,0097 |
| 3me — . . | 0, 0473 | 0, 0370 | 0, 1706 | 1, 2800 | 0, 2776 | — 0,0209 |
| 4me — . . | 0, 0409 | 0, 0450 | 0, 1736 | 0, 9166 | 0, 2360 | — 0,0179 |
| Moyenne . . | **0, 0451** | **0, 0395** | **0, 1749** | **1, 1596** | **0, 2580** | **— 0,0166** |

3° Les plantes entières paraissent avoir un poids de substance sèche un peu plus faible à l'éclairement I que sous les éclairements plus intenses. A ce point de vue, les individus développés aux luminosités II, III et IV sont très voisins les uns des autres.

4° La quantité de sucre absorbé par 1 gramme de substance sèche de racine est sensiblement la même sous les différents éclairements.

5° Les quantités de sucre absorbé par 1 gramme de substance sèche de plante entière sont également à peu près semblables sous les divers éclairements. Les nombres qui représentent ces quantités montrent une progression croissante depuis celui qui correspond à l'éclairement le plus faible jusqu'à celui qui correspond à l'éclairement le plus fort, mais les différences existant entre ces nombres sont extrêmement faibles.

6° L'augmentation de poids sec est négative chez presque tous les individus cultivés dans ces conditions, l'assimilation chlorophyllienne ayant été très faible. La plus grande déperdition de substance s'est produite à l'éclairement le plus faible.

**B. Cultures dans les appareils de R. Combes, les organes verts se développant à l'air libre.**

Les résultats de ces cultures sont réunis dans le tableau ci-dessous.

TABLEAU II

| ÉCLAIREMENTS | GLUCOSE ABSORBÉ PAR CHAQUE PLANTE | POIDS SEC DES RACINES | POIDS SEC DE LA PLANTE ENTIÈRE | GLUCOSE ABSORBÉ PAR 1gr DE SUBS. SÈCHE DE LA RACINE | GLUCOSE ABSORBÉ PAR 1gr DE SUBS. SÈCHE DE LA plante entière | Augmentation de poids sec au cours de la végétation |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Eclairement I** | | | | | | |
| 1re plante . . | 0, 1211 | 0, 0404 | 0, 2078 | 2, 9978 | 0, 5828 | 0, 0163 |
| 2me — . . | 0, 1243 | 0, 0642 | 0, 2692 | 1, 9356 | 0, 4616 | 0, 0777 |
| Moyenne . . | **0, 1227** | **0, 0523** | **0, 2385** | **2, 4667** | **0, 5222** | **0, 0470** |
| **Eclairem. II.** | | | | | | |
| 1re plante . . | 0, 3357 | 0. 1604 | 0, 6124 | 2, 0931 | 0, 5482 | 0, 4209 |
| 2me — . . | 0, 3141 | 0, 1532 | 0, 5568 | 2, 0505 | 0, 5642 | 0, 3653 |
| 3me — . . | 0, 3018 | 0, 1172 | 0, 6406 | 2, 5747 | 0, 4710 | 0, 4491 |
| 4me — . . | 0, 3148 | 0, 2074 | 0, 5204 | 1, 5180 | 0, 6050 | 0, 3289 |
| Moyenne . . | **0, 3146** | **0, 1595** | **0, 5825** | **2, 0590** | **0, 5471** | **0, 3910** |
| **Eclairem. III** | | | | | | |
| 1re plante . . | 0, 3002 | 0, 1748 | 0, 6850 | 1, 7174 | 0, 4382 | 0, 4935 |
| 2me — . . | 0, 4880 | 0, 3608 | 0, 7658 | 1, 3526 | 0, 6372 | 0, 5743 |
| Moyenne . . | **0, 3941** | **0. 2678** | **0, 7254** | **1, 5341** | **0, 5877** | **0, 5339** |
| **Eclairem. IV.** | | | | | | |
| 1re plante . . | 0, 5672 | 0, 3793 | 1, 3166 | 1, 4965 | 0, 4308 | 1, 1251 |
| 2me — . . | 0, 5620 | 0, 3524 | 1, 0286 | 1, 5948 | 0, 5463 | 0, 8371 |
| 3me — . . | 0, 5518 | 0, 3252 | 0, 9598 | 1, 6967 | 0, 5748 | 0, 7683 |
| 4me — . . | 0, 4833 | 0, 3664 | 0, 7640 | 1, 3190 | 0, 6325 | 0, 5725 |
| Moyenne . . | **0, 5411** | **0, 3557** | **1, 0172** | **1, 5267** | **0, 5462** | **0, 8257** |

Contrairement à ce qui s'est produit dans les cultures faites en tubes, où les plantes n'assimilaient que très faiblement l'anhydride carbonique de l'air sous les divers éclairements, les plantes cultivées en milieux de cultures aseptiques, dans des conditions telles que les parties vertes se développent librement dans l'air et assimilent le gaz carbonique de l'atmosphère d'une manière normale, présentent des différences très sensibles quant à la quantité de glucose que leurs racines ont absorbé, et à la quantité de substance sèche que ces plantes ont formée aux quatre éclairements auxquels elles ont été exposées.

1° Les quantités de glucose absorbées sous les éclairements I, II, III et IV sont entre elles comme les nombres 1-3-4-5. La quantité de sucre puisée dans le milieu nutritif par les racines va donc en croissant avec l'intensité lumineuse à laquelle les plantes sont cultivées. Il y a une hausse brusque en passant de l'éclairement I à l'éclairement II.

2° Le poids sec des racines suit la même progression, et se trouve approximativement dans le rapport des nombres 1-3-5-7. On peut voir, sur les photographies réunies dans la planche 2, qui représentent quelques-uns des appareils à culture contenant les milieux nutritifs et les plantes qui s'y sont développées aux divers éclairements, que l'aspect des racines permettait déjà de prévoir ces différences dans leur poids sec. La racine principale est à peine ramifiée chez les plantes cultivées à l'éclairement I ; sous les autres intensités lumineuses, l'appareil radiculaire est d'autant plus développé que l'intensité d'éclairement, à laquelle il s'est formé, est plus grande.

3° Le poids sec total des plantes suit encore la même loi et peut être représenté approximativement par les nombres 1-2-3-5.

4° La quantité de glucose absorbé par 1 gramme de substance sèche de racine n'est pas la même sous les divers éclairements. Un même poids de racine absorbe sensiblement plus de glucose aux éclairements faibles qu'aux éclairements forts.

5° *La quantité de glucose absorbé par 1 gramme de substance sèche de la plante entière est la même sous les quatre éclairements.* Par conséquent, *un même poids de plante absorbe la même quantité de glucose dans le milieu de culture aux éclairements très faibles, où l'assimilation chlorophyllienne est peu active, et aux éclairements forts où cette fonction s'exerce avec le maximum d'intensité.*

6° Les plantes ont augmenté leur teneur en substance sèche sous les diverses intensités lumineuses, mais cette augmentation a été d'autant plus grande que l'éclairement auquel a eu lieu le développement a été plus intense. Cette augmentation peut être représentée aux éclairements I, II, III et IV par les nombres 1-8-11-18.

## IV. CONCLUSIONS

Les conclusions qui se dégagent de l'ensemble de ces expériences sont les suivantes :

Une plante héliophile, telle que le Pois, croissant en milieux aseptiques à des lumières d'intensités différentes mais de manière que l'assimilation chlorophyllienne soit extrêmement faible sous les divers éclairements et soit par conséquent à peu près la même chez les divers individus, malgré l'éclairement différent, absorbe par ses racines, dans le milieu de culture, une quantité de glucose sensiblement voisine sous ces diverses intensités lumineuses. L'éclairement ne semble donc pas exercer d'influence sur cette absorption.

Il en va tout autrement pour les Pois cultivés à des intensités lumineuses différentes, en milieux aseptiques, mais de telle sorte que leur appareil aérien assimile librement le gaz carbonique de l'air. Ces plantes absorbent d'autant plus de glucose que l'éclairement auquel elles se développent est plus intense, et les différences existant entre les quantités de glucose absorbé aux divers éclairements sont très notables.

Dans ces conditions de culture, l'influence de la lumière agit directement sur l'assimilation chlorophyllienne. Cette dernière fonction, chez une plante héliophile comme le Pois, est d'autant plus intense que l'éclairement auquel les individus sont exposés est plus fort. Il en résulte une production de matière organique faible à la lumière très atténuée, plus forte aux éclairements plus intenses, et d'autant plus forte que l'intensité lumineuse est plus grande Tous les organes sont d'autant plus développés chez les divers individus que l'éclairement auquel ces derniers se sont formés est plus fort. Or, l'absorption de substance par les racines des plantes est d'autant plus grande, toutes conditions étant égales d'ailleurs, que le développement de l'appareil végétatif est plus considérable ; l'augmentation de l'éclairement par son action directe sur l'assimilation chlorophyllienne a donc pour résultat *indirect* d'accroître l'absorption des substances par les racines, la diminution de l'éclairement ayant au contraire pour effet d'affaiblir cette absorption. On conçoit donc que les individus cultivés aux éclairements faibles absorbent par leurs racines moins de glucose que ceux qui, croissant aux éclairements intenses, ont un appareil végétatif beaucoup plus développé.

Le but de ces expériences a été de rechercher si, conformément à l'opinion de Cailletet, les plantes vivant à un éclairement faible peuvent compenser la diminution de l'intensité de l'assimilation chlorophyllienne par l'augmentation de la faculté d'absorption de composés organiques par leurs racines. La diminution de l'éclairement ayant pour effet indirect de diminuer, comme nous venons de le voir, la quantité de substance absorbée par les racines, nous devons, pour juger si une plante est susceptible de s'adapter aux éclairements faibles en activant sa faculté d'absorption des substances organiques par ses racines, éliminer cet effet indirect, c'est-à-dire éliminer la modification d'absorption qui résulte simplement de l'accroissement général de tous les organes de la plante. Nous y parviendrons en considérant, parmi les résultats obtenus dans ces expériences, non pas les quantités de substance organique, ici de glucose, absorbées *par chaque plante* aux divers éclairements, mais les quantités absorbées par *un même poids de plante*. Les résultats les plus intéressants parmi ceux qui se dégagent des expériences dont nous venons de rendre compte sont donc ceux relatifs aux quantités de glucose absorbées par 1 g. de substance sèche de plante sous les diverses intensités lumineuses.

Nous venons de voir qu'un même poids de substance sèche de Pois (1 g. par exemple) absorbe la même quantité de glucose sous les quatre éclairements auxquels les expériences ont eu lieu. La constance de la quantité de glucose absorbé par un même poids de plante est même assez nette, quoique les différences existant entre les éclairements auxquels les plantes se sont développées soient très grandes.

*Le Pois, plante héliophile, dont l'assimilation chlorophyllienne a,* comme l'a montré Rosé, *une faculté d'adaptation très limitée aux éclairements faibles, est donc également incapable, lorsqu'on l'oblige à se développer à ces faibles éclairements, d'augmenter le pouvoir absor-*

*bant de ses racines de façon à puiser dans le sol une plus grande quantité de carbone organique.*

*Il n'y a donc pour cette plante ni parallélisme, ni compensation entre l'absorption du carbone par les feuilles vertes dans le gaz carbonique de l'air et l'absorption du carbone organique par les racines dans le sol.*

Les recherches dont nous venons d'exposer les résultats ont été limitées à l'étude d'une plante nettement héliophile ; il sera intéressant d'appliquer la même expérimentation à l'étude d'une plante nettement héliophobe.

## EXPLICATION DE LA PLANCHE 2

### Pisum sativum *développés en cultures aseptiques dans les appareils de R. Combes.*

Photographies I. — Deux appareils contenant des plantes développées à l'éclairement I (1/9 de la lumière solaire).

Photographies II. — Deux appareils contenant des plantes développées à l'éclairement II (1/3 de la lumière solaire).

Photographies III. — Deux appareils contenant des plantes développées à l'éclairement III (1/2 de la lumière solaire).

Photographies IV. — Deux appareils contenant des plantes développées à l'éclairement IV (lumière solaire totale).

# SUR LE MONTAGE
# DE
# QUELQUES PRÉPARATIONS MICROSCOPIQUES

### par M. Henri COUPIN

Il semble que, depuis quelque temps, les botanistes se désintéressent du perfectionnement des méthodes micrographiques et, se contentant d'appliquer celles qui sont devenues classiques, se réservent seulement le droit de gémir sur celles qui ne leur donnent pas toute satisfaction. Il apparaît, cependant, que dans cet ordre d'idées, il y a beaucoup à faire, car il n'est pas un travailleur qui ne se soit aperçu que beaucoup des procédés en usage sont, dans bien des cas, loin de donner des résultats parfaits. C'est ce qui m'engage à publier ces quelques notes, glanées, çà et là, au cours d'essais auxquels la nécessité m'a conduit dans la bonne obtention de certaines préparations ; si les procédés décrits ne sont pas parfaits dans tous les cas — il est difficile d'en trouver qui satisfassent à tous les *desiderata* —, ils auront, tout au moins, le mérite d'une certaine nouveauté et pourront servir de première indication pour être améliorés par de plus habiles et de plus ingénieux.

A. Montage des coupes. — Actuellement on monte les coupes colorées soit dans la glycérine ou la gélatine glycérinée, soit dans le baume de Canada. Ces trois sortes de préparations ont leurs avantages et leurs inconvénients. En ne considérant que ces derniers, on peut constater : 1° que les préparations à la glycérine se lutent avec une extrême difficulté ; 2° que celles à la gélatine glycérinée exigent une source de chaleur pour les faire fondre et, de plus, ne gardent pas suffisamment bien la coloration — carmin et, surtout, vert d'iode, qui finissent par disparaître ; 3° que celles au baume de

Canada exigent l'emploi de l'alcool absolu, qui est d'un prix élevé, et du xylol (ou ses succédanés) qui, de même que le précédent, ne se trouve pas facilement à acheter partout (durant la guerre, notamment, ces produits furent introuvables — de par la loi, d'ailleurs — même dans les principaux magasins de produits chimiques).

Pour remplacer tous ces médiums, je me suis arrêté à la solution ci-dessous, qui se fait très facilement à froid (en attendant quelques jours) et se conserve indéfiniment ; pour abréger, on peut l'appeler : *Gomme glucosée au sublimé*.

| | |
|---|---|
| Sol. aqueuse de bichlorure de mercure à 8 à 10 p. 1000. | 35 cm³ |
| Gomme arabique . . . . . . . . . . . . . . | 30 grammes |
| Glucose pur ou, à défaut, sucre de raisin ordinaire . . | 10 — |

Quand le tout est dissous ou à peu près on peut employer le liquide tel quel, à froid, mais, comme il est souvent souillé par des débris d'écorce apportés par la gomme arabique, il vaut mieux ne l'utiliser qu'après l'avoir filtré sur une mousseline humide placée dans un entonnoir, filtration qui est achevée au bout de quelques heures : on le conserve, dès lors, dans un flacon bouché. Pour son utilisation, on en prélève une goutte avec un agitateur, on la met au milieu d'une lame et, après y avoir immergé les coupes colorées (sortant, à volonté, de l'eau, de l'alcool ou de la glycérine), on recouvre d'une lamelle. La gomme sèche sur le pourtour de cette dernière et fait l'office de lut, tandis que, dans l'intérieur, les coupes se conservent telles qu'on les y a mises et gardent leurs colorations tout aussi bien et même mieux que dans le baume de Canada.

Il arrive, cependant, quelquefois, que le pourtour du médium reste un peu gommeux, et que, à la longue, au fur et à mesure que celui qui est sous la lamelle perd un peu de son eau, quelques fines bulles peuvent pénétrer à son intérieur et troubler légèrement son homogénité, sans cependant aller jamais jusqu'à ne pas permettre l'étude des coupes — à moins que celles-ci ne soient par trop épaisses, auquel cas, d'ailleurs, elles ne mériteraient pas d'être conservées. Pour obvier à cet inconvénient éventuel, on peut s'assurer contre lui en lutant le pourtour de la lamelle avec un lut quelconque. [Baume de Canada (bon, mais long à sécher), Markenlach (peu recommandable), Bitume de Judée (très pratique), Paraffine recouverte ou non de cire à cacheter dissoute dans l'alcool, Ripolin, Lut de Krönig (1), Lut, récemment décrit, de Rondeau du Noyer (2), etc.] Ces différents luts peuvent être appliqués dès la préparation achevée, mais il vaut mieux attendre quelques heures ou, mieux, le lendemain, pour laisser à la gomme le temps de sécher au pourtour ou, tout au moins, pour empêcher toute velléité du lut de pénétrer au-dessous de la lamelle. La conservation est dès lors indéfinie : elle a l'avantage de pouvoir être obtenue à froid et très simplement, presque sans frais.

B. Montage des épidermes a plat. — Pour conserver, à plat, les épidermes, si intéressants par leurs stomates et leurs différents appendices, il ne faut pas songer à la glycérine ni à la gélatine glycérinée, qui plasmolysent les cellules, pas plus qu'au baume de Canada, où ils ne peuvent guère arriver que ratatinés. Tous ces médiums, d'ailleurs, ont le grave inconvénient de rendre les cellules si transparentes qu'en quelques quarts d'heures on n'en voit plus du tout les contours, ce qui, par suite, rend la préparation inutile. J'ai obtenu d'excellents résultats avec le liquide ci-dessous qui n'est qu'une légère modification (remplacement du saccharose par le glucose, qui m'a paru plus favorable, et que j'emploie en moins grande abondance) du *Sirop d'Apathy* (3) qui paraît ne guère être connu que de certains zoologistes :

| | |
|---|---|
| Eau . . . . . . . . . . . . . | 10 cm³ |
| Gomme arabique . . . . . . . | 10 grammes |
| Glucose . . . . . . . . . . . | 5 — |

Pour éviter l'altération du liquide, l'envahissement par les Bactéries ou les Moisissures, on y ajoute, soit quelques cristaux de thymol (qui ne s'y dissolvent qu'en très faible proportion), soit quelques gouttes de formol, soit, à la fois, du thymol et du formol, mélange qui en assure l'asepsie. Cette *Gomme thymolée-formolée* s'emploie, à froid, comme la précédente : les épidermes s'y conservent parfaitement bien, tels quels ou avec leur noyau coloré par le vert de méthyle, et, son indice de réfraction étant très peu élevé, les contours des cellules épidermiques et des stomates se voient avec la plus grande netteté. On peut se dispenser de luter, mais il est préférable de le faire en employant l'un des luts énumérés un peu plus haut.

---

(1) Deux parties de *Cire jaune* et sept à neuf parties de *Colophane* (en poids). Faire fondre à chaud. S'applique, à chaud, avec un fer à luter.

(2) Graisse de laine (lanoline) anhydre, 20 grammes ; Colophane, 80 grammes. Faire fondre à chaud. S'applique, à chaud, avec un fer à luter. *(C. R. des séances de la Société de Biologie*, 20 juillet 1918).

(3) Quantités égales de *Gomme arabique*, de *Sucre de canne* (non candi) et d'*Eau* + *Thymol* ou *Formol*

Les deux médiums précédents conviennent aussi au montage de beaucoup d'autres préparations : poils, grains d'amidon, coupes de matériaux frais, organes entiers, fibres isolées, spores de Champignons à chapeau, sporanges et spores des Fougères, feuilles et capsules de Mousses, etc. Ils semblent, cependant, ne pas convenir aux grains de pollen, sur lesquels je reviendrai plus loin.

C. Montage des algues unicellulaires. — Les Algues, comme chacun sait, sont extrêmement difficiles à conserver : le baume de Canada, exigeant le passage par l'alcool, ne les donne que recroquevillées et décolorées ; la glycérine et la gélatine glycérinée les plasmolysent et les déforment. Pour les Algues unicellulaires — notamment les Desmidiées, les Pleurococcoïdées, les Diatomées —, ou du moins certaines d'entre elles (*Closterium, Cosmarium, Micrasterias*, *Pediastrum, Chlorella, Desmidium, Pleurococcus, Scenedesmus, Stichococcus, Navicula,* etc.), j'ai constaté qu'elles se conservent, comme sur le vivant, dans la *Gomme cuivrée* dont voici la formule :

| | |
|---|---|
| Bichlorure de mercure à 6 à 8 p. 1000 . | 35 cm$^3$ |
| Glucose . . . . . . . . . . . . | 10 grammes |
| Gomme arabique . . . . . . . . . | 30 — |
| Chlorure de cuivre ammoniacal . . . | 1 — |

Filtrer sur mousseline humide si le mélange n'est pas très pur.

Dans une goutte de cette gomme placée au milieu d'une lame, on met les Algues, généralement mélangées, telles qu'on les obtient au moment de leur récolte — la chose peut être faite sur le terrain même, avantage précieux — et on recouvre d'une lamelle, qui, vu la viscosité du milieu, n'a aucune tendance à se détacher. De retour à la maison ou le lendemain on lute le pourtour (voir les luts indiqués plus haut) ou, si l'on ne tient pas à les garder plusieurs mois et si l'on ne redoute pas la présence de quelques bulles d'air, on s'en dispense. Les Algues y conservent leurs formes et leurs chloroleucites avec leur belle couleur vert émeraude ou leurs phéoleucites avec leur teinte brune ; les Diatomées y montrent aussi nettement le nombre et les particularités de leurs stries, lesquelles, on le sait, disparaissent presque dans le baume de Canada.

Ce procédé convient, par exemple, très bien pour l'étude du *plankton,* dont on peut faire des préparations *sur place,* au fur et à mesure des pêches, lesquelles, au retour, se trouvent ainsi, à la fois, cataloguées et susceptibles d'être examinées à une date plus ou moins éloignée.

D. MONTAGE DES ALGUES FILAMENTEUSES. — On peut monter les Algues filamenteuses dans le médium précédent, mais, vu sa concentration, il plasmolyse et déforme la plupart des cellules ; quelques-unes, cependant, dans le même lot, échappent à cet inconvénient et montrent de nombreux détails de structure et des chloroleucites intacts. Dans ce cas, il est bon de monter, *en outre,* un autre lot analogue dans le médium ci-dessous, que l'on peut appeler *Gélose cuivrée* :

| | |
|---|---|
| **Bichlorure de mercure à 4 pour 1000 .** | **500 cm$^3$** |
| **Gélose. . . . . . . . . . . . .** | **5 grammes** |
| **Chlorure de cuivre ammoniacal . . . .** | **1 —** |

On fait fondre le tout au bain-marie ou, mieux, sur une toile métallique reposant sur un fourneau à gaz et, après l'ébullition, on coule dans un flacon où, le lendemain, le tout est figé. Pour l'emploi, prélever un petit fragment de cette gelée ; le mettre sur une lame ; en provoquer la fusion par la chaleur et, au moment où la goutte est presque refroidie (elle reste assez longtemps en surfusion), y incorporer les filaments d'Algues et recouvrir d'une lamelle. Quelques heures après, ou, tout au moins, le lendemain, luter le pourtour : le lut ne pénètre jamais dans la gélose figée et en assure le non-dessèchement. Les Algues s'y conservent sans aucune déformation — en général — avec cette seule différence que les chloroleucites y prennent une teinte gris-verdâtre ; la forme générale des filaments et les membranes des cellules sont identiques à ce qu'elles sont sur le frais.

La même *Gélose cuivrée* peut aussi servir au montage des Algues unicellulaires, mais, pour celles-ci, la *Gomme cuivrée* semble plus pratique (vu son emploi *à froid)* et, d'autre part, elles y sont plus jolies.

E. MONTAGE DES GRAINS DE POLLEN. — L'examen des grains de pollen — dont l'étude est bien délaissée — est toujours assez difficile car, vus à sec, ils manquent de netteté, et, mis dans l'eau ou la glycérine, ils se gonflent démesurément, deviennent souvent sphériques, et, pour la plupart, éclatent. J'ai obtenu d'excellents résultats en les examinant, entre lame et lamelle, dans une goutte d'*huile de vaseline,* liquide qui a le double avantage de ne pas s'évaporer et d'être imputrescible sans l'addition d'aucun antiseptique (1) : ils s'y gonflent modérément, en gardant leur forme normale et, vu leur clarté, montrent tous les détails de leur structure, souvent si fine et si délicate. Cette préparation provisoire peut être transformée en préparation permanente en lutant le pourtour de la lamelle avec du baume de Canada très visqueux, c'est-à-dire très concentré, qui ne pénètre pas au-dessous et qui, s'il y pénètre légèrement, n'y cause aucun trouble, surtout lorsque les grains sont disséminés sous toute la surface de la lamelle (2). Les grains de pollen s'y conservent indéfiniment sans la moindre altération du médium ou d'eux-mêmes.

---

(1) On peut aussi se servir d'*Huile de paraffine* (dite aussi *Paraffine liquide*) qui, au point de vue qui nous occupe ici, a les mêmes propriétés.

(2) On obtient aussi de bons résultats en se servant d'une lamelle ronde et en lutant, à l'aide d'une « tournette », avec du bitume de Judée ou tel autre lut que l'on voudra, surtout ceux pouvant s'appliquer *à froid*.

# RECHERCHES ANATOMIQUES

## SUR QUELQUES

# PLANTES LITTORALES DE MADAGASCAR

**par M. Marcel DENIS**

*(suite)*

### *Ruellia monanthos* Boj.

N° 242

[D. C. Prod. XI. 125]

Feuille. — L'épiderme supérieur est formé de cellules grandes, bombées, à paroi externe nullement épaissie mais recouverte d'une fine cuticule à peu près invisible si l'on n'emploie pas une réaction microchimique de la cutine. Vesque (1885) considère cette épaisseur de l'épiderme supérieur chez le *Ruellia* comme une adaptation xérophile « par réserve d'eau. » L'épiderme inférieur a des cellules bien moins grandes.

Les stomates, qui se trouvent indifféremment sur, ou sous la feuille — ce qui est rare chez les Acanthacées — ne sont nullement enfoncés. Ils présentent des cellules annexes du type « caryophyllé ». (1)

Les poils tecteurs, assez clairsemés, sont longs et pluricellulaires. Ils comprennent généralement quatre cellules progressivement atténuées de la base au sommet. Les poils glanduleux, rares, sont légèrement déprimés dans l'épiderme. Ils sont constitués par une rosette de cellules sécrétrices portées sur un pied court unicellulaire.

Le mésophylle a une structure bifaciale très accusée. Le tissu palissadique comprend 2-3 assises de cellules longues, sans méats.

---

(1) Voir Benecke (1892).

Le tissu lacuneux est formé de trois assises de cellules à parois irrégulièrement contiguës.

Au niveau de la nervure médiane existent quelques particularités assez intéressantes.

Le tissu palissadique se poursuit sans modification, mais le tissu lacuneux fait place à sept rangées de cellules aquifères. De plus, les cellules des épidermes se rapprochent et deviennent beaucoup moins épaisses. En outre, les assises sous-épidermiques deviennent collenchymateuses. Enfin, chaque rayon parenchymateux qui s'intercale entre les éléments libéro-ligneux du faisceau médian conduit à des amas, isolés, de cellules libériennes. Holm (1907) avait déjà observé une telle particularité chez le *Ruellia ciliosa*.

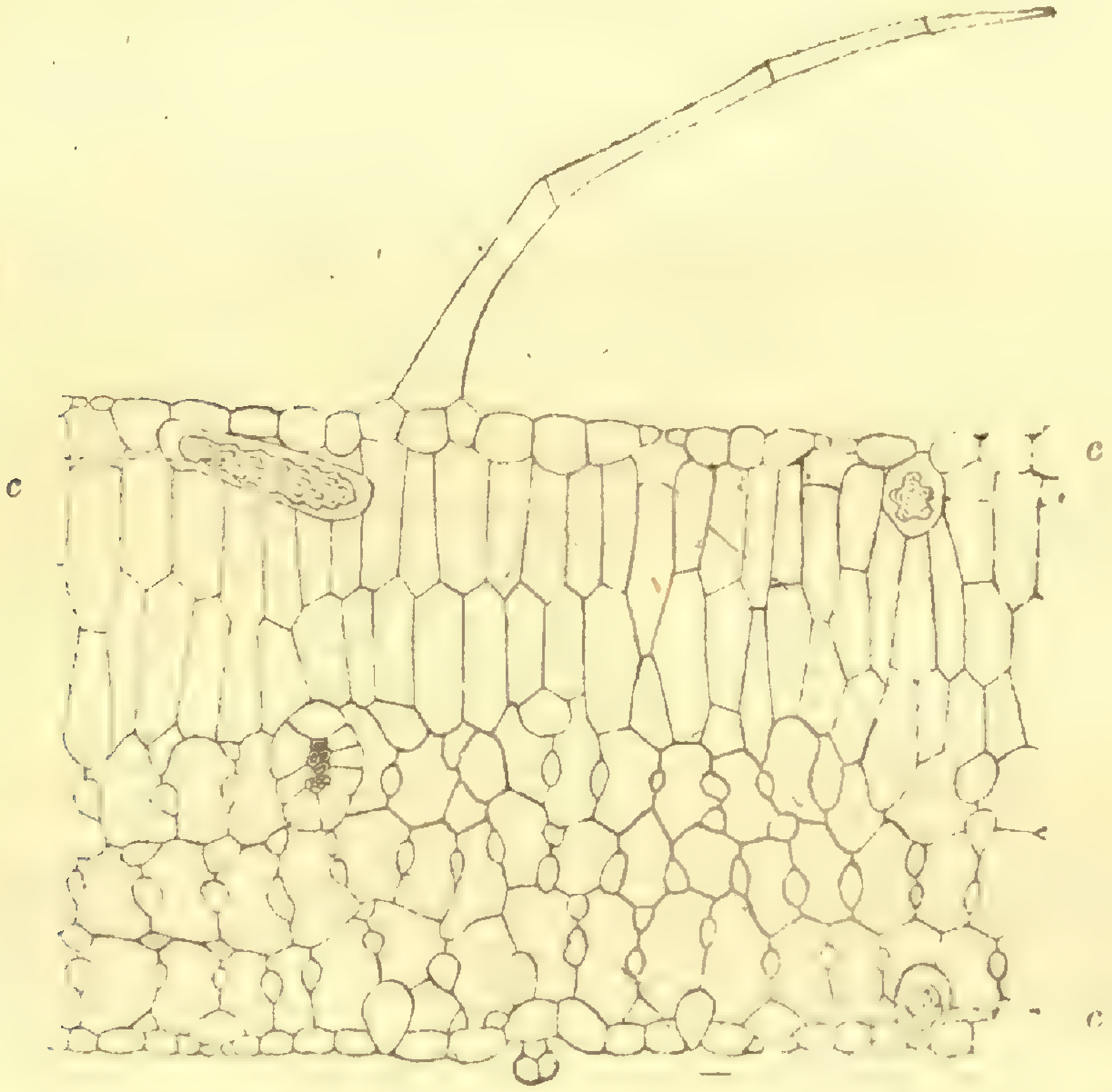


Fig. 6. — *Ruellia monanthos*. Coupe transversale dans la feuille : *c*, cystolithes.

Hobein (1884) qui a pu grouper les genres d'Acanthacées d'après la forme de leurs cystolithes, indique que chez les Ruelliées les cystolithes ont une forme variable.

J'ai observé :

1° des cystolithes arrondis, particulièrement au niveau de la nervure médiane et dans des cellules épidermiques dilatées vers l'intérieur du mésophylle.

2° des cystolithes allongés, rhabdoïdes, situés dans l'assise sous-épidermique.

Tige. — La périphérie est altérée par des bandes de collenchyme qui déterminent des bombements locaux.

L'épiderme, couvert d'une fine cuticule, comprend une assise de cellules assez grosses mais beaucoup moins volumineuses que dans la feuille. Il est interrompu par de rares poils tecteurs et par des stomates logés entre les plages de collenchyme, dans une région légèrement déprimée. Si l'on exclut ces plages locales de 3-4 assises de collenchyme angulaire présentant çà et là des cystolithes arrondis, on voit que l'écorce comprend jusques et y compris l'endoderme sept assises de cellules ovales, assez grosses, limitant entre elles des méats. Au niveau des stomates, les cellules corticales externes modifient leurs contours et prennent un aspect qui n'est pas sans rappeler les cellules de la couche inférieure du mésophylle. L'aspect de ce tissu est probablement en relation avec la transpiration.

Le péricycle, formé de cellules aplaties, est peu distinct du liber qu'il entoure. Il se reconnaît cependant à des éléments lignifiés, arrondis, qu'il différencie çà et là. Il s'agit de simples fibres et non point de vraies raphidines comme on en observe chez d'autres espèces, chez le *Ruellia formosa* par exemple.

Le liber, très peu développé, se limite à 1-5 couches de cellules et les vaisseaux ligneux, assez peu nombreux, surtout développés suivant quatre directions perpendiculaires entre elles, devant les faisceaux primaires qu'on voit encore, sont unis par des fibres ligneuses qui déterminent ainsi une structure continue.

La moelle, moyennement importante, est surtout formée de cellules volumineuses à méats médiocres.

Racine. — La racine est constituée par un axe ligneux qui présente assez vaguement, suivant quatre directions perpendiculaires, des vaisseaux à assez large lumière noyés dans un amas circulaire de fibres.

Le liber n'offre rien de spécial non plus que l'écorce qui est formée d'une dizaine de cellules allongées dans le sens tangentiel et entourées d'une assise pilifère.

Contrairement à ce que croit Chareyre (1884) pour lequel les cystolithes manqueraient toujours dans la racine des Acanthacées [opinion qui a été d'ailleurs infirmée par R. Benoist (1912)], on peut trouver çà et là des cystolithes arrondis, dans le tissu cortical radiculaire de *Ruellia monanthos*.

### ***Hydrophylax madagascariensis* Willd.**

N° 244

[D. C. Prod. IV. 576]

FEUILLE. — La feuille est très charnue.

Les deux épidermes comprennent des cellules isodiamétriques, allongées, faiblement bombées, à membrane plus ou moins épaisse, recouverte d'une forte cuticule. La surface est parfaitement glabre.

Les stomates sont également répartis sur les deux faces. Ces stomates, accompagnés de cellules annexes d'un type fréquent dans la famille [v. Vesque (1885) : planche 1 ou Solereder (1899) : fig. 101 D], ne sont nullement enfoncés. Les chambres sous-stomatiques sont souvent spacieuses.

Le mésophylle a une structure isolatérale diplophylle. De chaque côté des faisceaux libéro-ligneux médians, se trouvent deux zones extrêmement différentes. A la périphérie, depuis l'épiderme, s'étendent 3-4 assises de cellules palissadiques, petites, serrées, formant la zone externe. Ces cellules, à noyau volumineux et très réfringent, sont bourrées d'une substance

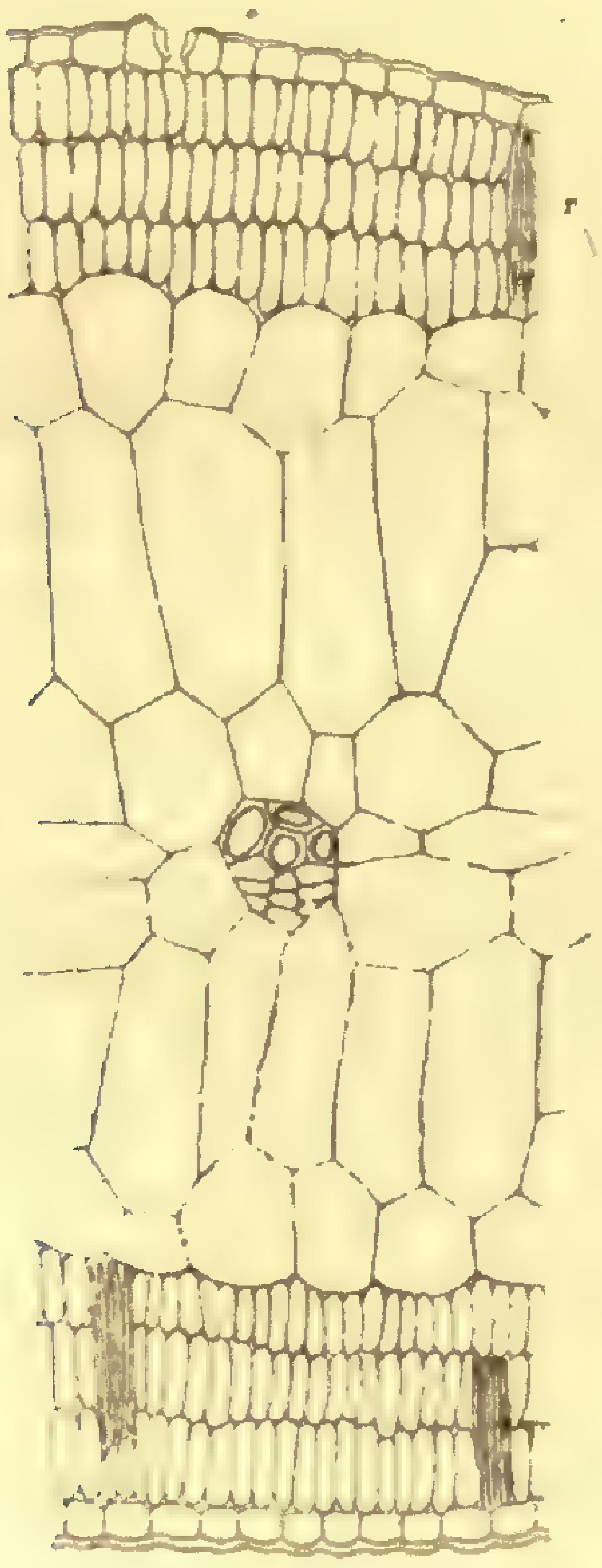


Fig. 7. — *Hydrophylax madagascariensis*. Coupe transversale dans la feuille : *r*, raphides.

granuleuse, noire, soluble dans l'alcool, sur la nature chimique de laquelle je ne puis me prononcer.

Des paquets de raphides très longs sont intercalés longitudinalement dans le parenchyme palissadique. Solereder (1893) avait déjà remarqué ces raphides chez *Hydrophylax*.

La zone interne qui entoure les faisceaux médians comprend 1-3 assises de cellules considérables sans méats, jouant un rôle aquifère et passant à des cellules centrales plus petites comprises entre des faisceaux libéro-ligneux.

Pétale. — L'épiderme supérieur est transformé en papilles aquifères coniques. L'épiderme inférieur est également aquifère, mais par un épaississement généralisé de ses cellules qui deviennent presque isodiamétriques.

Le mésophylle, bifacial, possède un tissu palissadique à sa face inférieure. Ce dernier est séparé des faisceaux libéro-ligneux médians par trois couches de cellules arrondies. Trois assises d'un tissu plus lâche, occupent la face supérieure du mésophylle.

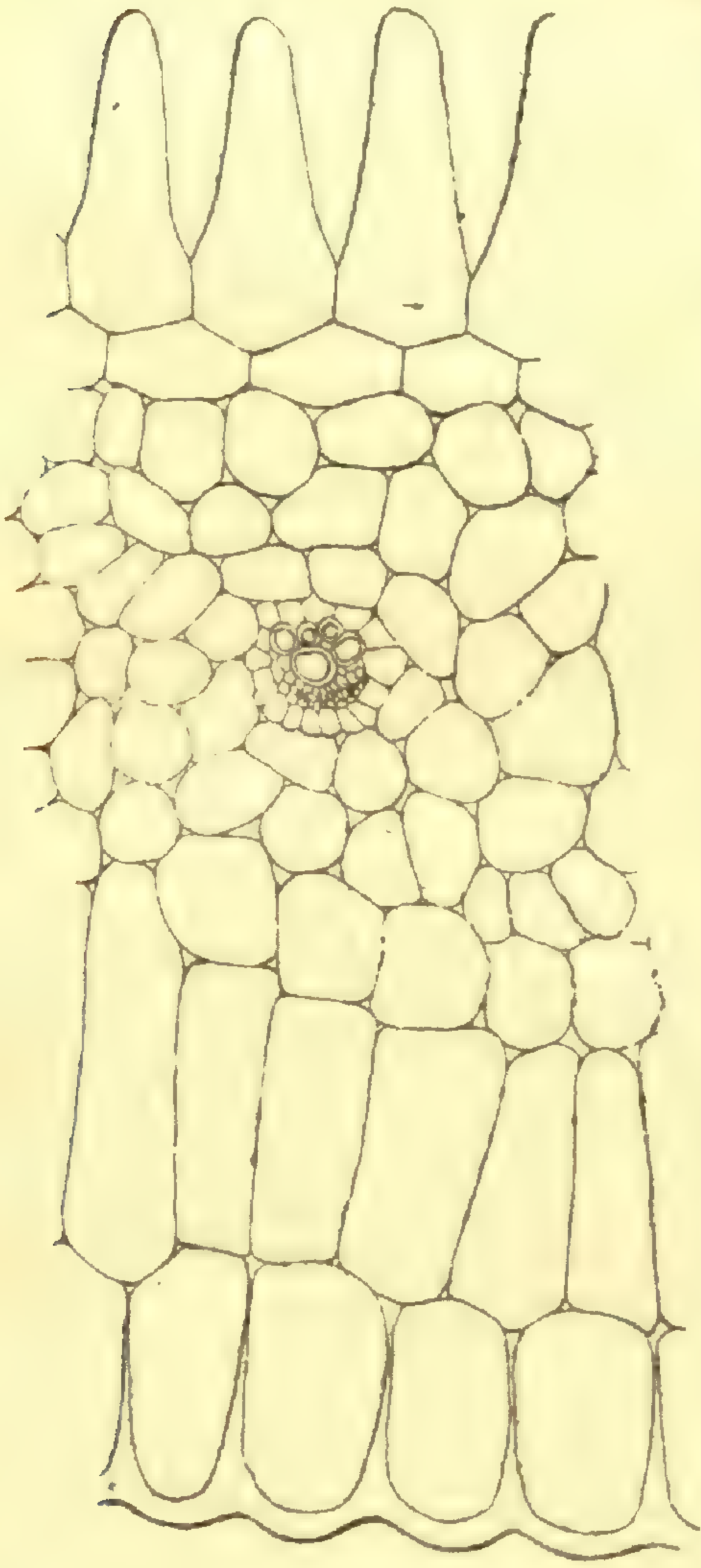


Fig. 8. — *Hydrophylax madagascariensis*. Coupe transversale dans un pétale.

Tige. — L'épiderme est exfolié par le fonctionnement de l'assise subéro-phellodermique qui produit 3-4 couches de cellules à paroi faiblement subérifiée.

L'écorce comprend un nombre d'assises assez variable : sept à onze. Les cellules qui la composent sont presque arrondies, de grosseur variable et limitent entre elles de faibles méats.

Le liber, bien développé, aligné en files régulières, présente çà et là dans ses formations secondaires des cellules arrondies, plus grandes que les autres et bourrées d'aiguilles d'oxalate de calcium.

Le bois forme un anneau continu de vaisseaux nombreux et grands, séparés par des fibres.

La moelle, assez petite, est composée de cellules de dimensions variables, arrondies, présentant quelquefois des aiguilles oxaliques.

Les méats intercellulaires sont petits, mais nets.

Racine. — Des formations ligneuses envahissent très tôt la moelle. Ces dernières, peu riches en vaisseaux, sont surtout constituées par des fibres. Elles sont entourées par un liber bien développé passant graduellement à un phelloderme que limitent 3-4 assises de cellules subéreuses. Çà et là, dans le parenchyme cellulosique et le liber, on peut voir de l'oxalate de calcium en raphides.

*(À suivre)*

# NOTES BIBLIOGRAPHIQUES

Cowdry. — **Comparaison des mitochondries des cellules animales et végétales.** (*Biological Bulletin*. T. XXXIII, fasc. 3, 1917).

Les mitochondries mises en évidence, il y a déjà un certain nombre d'années, dans la cellule animale, sont-elles identiques aux organites découverts dans la cellule végétale ? Telle est la question que s'est proposé de résoudre l'auteur qui est spécialisé dans l'étude de la cellule animale. Pour cela, Cowdry a choisi comme objet d'étude, d'une part les cellules du méristème d'une jeune racine de Pois, et de l'autre les cellules du pancréas d'une souris. Afin d'éviter toute cause d'erreur, l'auteur a pratiqué toute la série des manipulations : fixation, déshydratation, inclusion, coupes et coloration, simultanément sur les deux tissus. Il a pu se convaincre que les aspects du chondriome sont absolument les mêmes dans les deux tissus, et il est très curieux de constater que les mitochondries présentent exactement les mêmes formes dans des cellules aussi différentes que celles d'une racine de Pois et du pancréas d'une souris. Dans les deux cas, le chondriome apparaît sous forme de mitochondries granuleuses, de courts bâtonnets et de chondriocontes, allongés, onduleux et souvent ramifiés. Beaucoup de ces éléments offrent sur leur trajet des vésicules. Ces éléments sont fréquemment accumulés autour du noyau. Le chondriome du pancréas de la souris diffère cependant de celui de la racine de Pois parce que les divers éléments qui le constituent sont légèrement plus gros.

Au point de vue de la fixation, ces éléments se comportent exactement de même dans les deux cas. L'alcool et l'acide acétique ont un effet nocif sur eux, aussi sont-ils détruits par tous les fixateurs qui renferment l'une ou l'autre de ces substances. Seuls les fixateurs chromo-osmiques, le formol et le bichromate de K les conservent. Les solutions aqueuses d'acide picrique ou de sublimé les fixent également, selon l'auteur. La « postchromisation » c'est-à-dire le traitement prolongé dans une solution de bichromate de K après la fixation est considérée par Cowdry comme inutile aussi bien dans la cellule végétale que dans la cellule animale.

Les mitochondries des cellules végétales se colorent comme les mitochondries de la cellule animale par l'hématoxyline ferrique, le violet crystal et la fuchsine acide.

On sait que la coloration vitale du chondriome de la cellule animale est particulièrement difficile à réaliser et n'a pu être obtenue qu'à l'aide de colorants très spéciaux tels que le vert Janus. Cowdry a obtenu cette coloration vitale dans la cellule végétale, mais elle est plus difficile encore à réaliser que dans la cellule animale, parce que la pénétration du colorant s'effectue mal à travers les parois cellulosiques. Il l'a obtenue plus facilement cependant dans les cellules épidermiques des pétales de Jacinthe. Le vert Janus B seul donne des résultats, tandis que le vert Janus G n'a pas d'action ; le bleu Janus et le noir Janus I colore également le chondriome, cela aussi bien dans la cellule végétale que dans la cellule animale.

L'auteur conclut donc à l'identité complète entre le chondriome de la cellule végétale et celui de la cellule animale. Dans les deux cas, les mitochondries doivent donc avoir la même constitution chimique : elles sont formées probablement de lipo-protéides, bien que la preuve définitive n'ait pas été donnée.

Au point de vue physiologique, Cowdry a constaté dans la racine de Pois la transformation d'une partie du chondriome en amyloplastides. Il admet donc l'origine mitochondriale des plastides comme démontrée. Les mitochondries sont aussi dans la cellule animale des organites élaborateurs, bien que ce rôle soit moins évident que dans la cellule végétale ; c'est en leur sein que les pigments se forment en général. Il est possible également que les mitochondries aussi bien dans la cellule végétale que dans la cellule animale interviennent dans la respiration protoplasmique.

L'auteur termine son article par des considérations sur la généralité du chondriome, qui a été constaté dans tous les animaux même les plus simples et dans tous les tissus quels qu'ils soient (musculaires, nerveux, glandulaires ou autres) et dans tous les végétaux (sauf les Bactéries, les Myxomycètes et quelques Algues). L'existence du chondriome semble donc aussi constante que celle du noyau. A. GUILLIERMOND

VINCENS (François). — **Recherches organogéniques sur quelques Hypocréales** (Thèse pour le Doctorat ès-Sciences naturelles présentée à la Faculté des Sciences de Paris. Fascicule in-8° de 170 pages avec 71 figures dans le texte et 3 planches hors texte. Imprimerie L. Declume, Lons-le-Saulnier, 1917).

L'auteur se propose pour but la recherche d'une base meilleure que celle sur laquelle on s'appuie actuellement, pour la classification des Pyrénomycètes. Il fait d'abord le procès des critères qu'emploient les auteurs, notamment : le stroma, sa présence, son absence, sa structure, sa consistance, sa situation par rapport au substratum ou aux périthèces ; les spores, déjà plus utiles.

La classification doit être établie sur un ensemble de caractères, mais on peut pratiquement avoir recours à une série très restreinte de ceux-ci dont on sait qu'ils commandent à tout un ensemble d'autres caractères avec lesquels ils sont en corrélation. Pour choisir de tels « caractères indices » il faut une connaissance approfondie du groupe à classifier, une expérience telle qu'un homme peut rarement l'acquérir dans le temps permis à ses observations. On cite, dans cet ordre d'idées, la classification des Discomycètes par M. Boudier. Cette classification est basée sur des particularités de la structure et de la composition chimique des asques, bleuissant ou non par l'iode, operculés ou non. « Cette classification n'a pu être établie par son auteur que parce qu'il s'était d'abord tellement familiarisé avec les Discomycètes que les caractères auxquels il a fait appel ne sont que des indices commodes pour classer et reconnaître des formes dont la similitude et les affinités lui avaient été révélées à la longue par tout un ensemble de caractères plus difficiles à définir. »

M. Vincens renonce pour son compte à appliquer une méthode analogue aux Pyrénomycètes au sujet desquels nos connaissances sont trop incomplètes, il cherche seulement à découvrir des caractères moins factices que ceux du stroma ou moins difficiles à appliquer que ceux des spores. Les asques paraissent donner une plus grande satisfaction, ainsi que certaines particularités anatomiques du périthèce telles que la structure et le mode de disposition de l'hyménium. Mais l'auteur observe très justement qu'on ne peut évaluer un caractère adulte au point de vue de la classification qu'autant que l'on en connaît l'ontogénie. Celle-ci est nécessaire pour expliquer la phylogénie dont doit s'inspirer la classification naturelle ; elle permettra encore d'éviter des erreurs d'appréciation telles que celles dérivant de simples convergences de formes entre les organes considérés. C'est ce qu'exprime fort bien M. Vuillemin dans la phrase suivante que rappelle l'auteur : « La complication anatomique et histologique est d'un médiocre intérêt systématique quand nous la constatons à l'état définitif ; il nous importe surtout d'en connaître l'origine, l'ontogénie de l'espèce étant encore le meilleur guide dans les recherches phylogénétiques. »

Aussi les classificateurs s'appuient-ils de plus en plus sur l'organogénie pour apprécier la valeur des caractères. L'organogénie permet, en effet, de déceler les caractères ancestraux qui doivent avoir le pas sur ceux qui ne sont que le résultat d'une adaptation locale et temporaire.

La connaissance des tout premiers stades de formation de périthèces d'espèces diverses peut parfois faire la lumière sur leurs affinités ou montrer, au contraire, que la classification doit les éloigner les uns des autres. Mais encore faut-il, pour savoir bien tirer partie de l'ontogénie en classification, en connaître les caractères sur nombres d'espèces différentes appartenant aux genres les plus divers.

Prenons, au hasard, parmi les cas nombreux qu'étudie l'auteur, un exemple montrant l'utilité de l'organogénie en classification : La disposition de l'hyménium de l'*Hypocrea gelatinosa* rappelle beaucoup celle de l'hyménium de *Nectria Ribis*, mais l'origine en est toute différente. Tandis que l'ascogone dégénère chez le *Nectria Ribis*, c'est par la multiplication de ses éléments que se produit au contraire l'hyménium chez l'*Hypocrea*. Chez le *Nectria*, l'hyménium provient d'éléments qui s'élèvent peu à peu du fond contre les parois latérales, tandis que chez l'*Hypocrea* il s'organise sur la presque totalité de la paroi interne aux dépens des assises cellulaires constituant primitivement cette paroi. D'où il résulte que le développement du périthèce ne saurait indiquer qu'une affinité très faible entre les genres *Hypocrea* et *Nectria*.

L'auteur ayant bien établi l'utilité des recherches organogéniques pour la classification des Pyrénomycètes, retrace l'historique des travaux acquis pour ce groupe et dans cette voie. Ils se répartissent depuis de Bary et Woronin (1863 et 1864) jusqu'à Dangeard (1894), dont les travaux, comme ceux qu'il a suscités, ont d'ailleurs bien plus pour objectif les faits cytologiques de la reproduction, que l'organogénie elle-même ; toutefois, les progrès de celle-ci lui sont redevables pour une large part.

C'est dans l'esprit que nous venons d'indiquer que l'auteur aborde l'étude de l'organogénie des Hypocréales. Il suit le développement des périthèces chez un certain nombre de genres, il compare entre eux les résultats, non sans tenir compte des travaux des auteurs — généralement fort incomplets — sur des espèces des mêmes genres qu'il n'a pu personnellement étudier. Il note également, pour en faire état, certains caractères du périthèce adulte, notamment de l'hyménium et de sa répartition dans le périthèce, de l'asque et des spores.

L'auteur constate l'existence chez les Hypocréacées de quatre modes de formation du périthèce fort différents les uns des autres et se rencontrant respectivement chez : *Melanospora Mangini* nov. sp., *Nectria Ribis, Hypocrea gelatinosa, Claviceps microcephala.*

1° *Melanospora Mangini.* L'ascogone est un rameau mycélien dont une ou deux cellules terminales engendrent en se cloisonnant un massif cellulaire d'où dériveront les asques. Les cellules placées au-dessous des cellules fertiles produiront un tissu délicat qui se gélifiera par la suite. L'enveloppe du périthèce est constituée par des filaments mycéliens du voisinage venant s'appliquer sur l'ensemble précédent. Le massif cellulaire fertile devient peu à peu excentrique et reste localisé dans la suite au fond du périthèce. Dans le périthèce mûr, les asques forment un bouquet divergent au fond de la cavité.

2° *Nectria Ribis.* L'ascogone est constitué par deux ou trois filaments mycéliens dont les extrémités se recourbent et s'anastomosent. Il n'est pas fonctionnel, il dégénère et se gélifie, laissant, au centre de l'ébauche, un vide qui est l'amorce de la cavité du périthèce. Les éléments internes de la paroi donnent naissance à des rameaux mycéliens convergeant vers le centre : ceux de la voûte de la cavité restent stériles, ceux du fond s'appliquent sur les parois latérales contre lesquelles ils s'élèvent pour former l'hyménium.

Dans le périthèce mûr, les asques sont insérés sur le fond et la plus grande partie des parois latérales et convergent vers l'axe du périthèce. Ebauché dans le stroma, le périthèce devient de plus en plus superficiel par suite de la croissance des éléments situés au-dessous de lui.

3° *Hypocrea gelatinosa.* L'ascogone apparaît au-dessous du plectenchyme compact qui forme les couches supérieures du stroma. Il est formé par des cellules terminales de deux filaments mycéliens entre lesquels s'établissent des anastomoses. Cet ascogone produit une masse de plectenchyme autour de laquelle l'enveloppe du périthèce est construite par des filaments voisins du stroma. La cavité se forme aux dépens du plectenchyme central par écartement des éléments. L'hyménium se constitue directement aux dépens des éléments de la paroi dont il tapisse le fond et les parties latérales.

4° *Claviceps microcephala.* L'ascogone est formé par l'extrémité de deux conidiophores avortés qui se recourbent l'un vers l'autre, se ramifient et s'enchevêtrent pour former un amas parenchymateux.

La cavité du périthèce se forme spontanément au-dessus de cet amas par suite de l'allongement des éléments voisins du stroma. Chaque périthèce n'est séparé des voisins que par des éléments laminés du stroma.

Les asques se forment uniquement dans le fond du périthèce et sont insérés sur des ascophores en sympode. L'*Epichloetyphina* forme ses périthèces d'une façon très semblable.

L'auteur conclut de la comparaison de ces types de développement que le mode de disposition des asques dans le périthèce ne pourrait servir seul de base à une révision des Pyrénomycètes. Cette révision ne pourra se faire que lorsque l'organogénie d'un grand nombre d'espèces sera connue.

Seule l'organogénie, en nous renseignant sur les affinités, nous permettra d'établir des groupes naturels. Mais, une fois connu, le mode de distribution des asques nous fournira des caractères précis pour les définir (un même mode de développement du périthèce aboutit à un même mode de dispositon des asques). Ce caractère de disposition des asques devra être associé à d'autres caractères fixes et faciles à observer tels que ceux tirés de la structure des asques et des spores.

« Ainsi, conclut l'auteur, pourrons-nous arriver par l'organogénie à l'édification d'une classification naturelle, pour laquelle des caractères anatomiques nous fourniront des cadres précis permettant une claire définition des familles et des genres. » J. Beauverie (Nancy)

Sharples A. — **The laticiferous system of *Hevea brasiliensis* and its protective function.** (*Ann. of Botan.* Vol. XXXII, n° CXXVI, Avril 1918, pages 247 à 257).

Beaucoup d'auteurs attribuent aux laticifères un rôle de protection contre les champignons et les insectes. D'après les expériences de Sharples, il semble que, si l'on enlève les assises subéreuses en respectant le système laticifère, ce dernier ne joue pas un rôle protecteur efficace. La question du rôle du latex reste très obscure et de nouvelles recherches seraient nécessaires pour l'élucider. Jean Friedel

Sargent, Oswald H. — **Fragments of the flower biology of westralian plants** (*Ann. of Botany,* Vol. XXXII, n° CXXVI, Avril 1918, pages 215 à 231).

Oswald Sargent a étudié pendant douze ans la biologie végétale de l'Australie occidentale. Il donne, en particulier, des indications très intéressantes sur la question fort obscure des fleurs dites « ornithophiles » visitées et souvent dévastées par les oiseaux mangeurs de miel, et sur la question beaucoup plus classique des fleurs « entomophiles ». Il signale aussi plusieurs cas de variations dans la forme et la couleur des fleurs de diverses espèces. Jean **Friedel**

Gates, R. Ruggles. — **A systematic analytical study of certain north american Convallariaceæ, considered in regard to their origin through discontinuous variation.** (*Ann. of Bot.* Vol. XXXII, n° CXXVI, Avril 1918, pages 253 à 257).

L'auteur donne un résumé très bref d'un mémoire plus étendu destiné à être publié après la fin de la guerre. C'est une étude des Convallariacées de l'Amérique du Nord, faite en cherchant à établir leur phylogénie. L'analyse des caractères d'espèces et de genres montre que la plupart de ces caractères s'expliquent difficilement par l'accumulation de petites différences, conçue à la manière darwiniste classique ; il semble au contraire que de grands changements externes peuvent résulter de faibles modifications de la semence. Jean **Friedel**

Davie R. C. — **A comparative list of Fern pinna-traces, with some notes on the leaf-trace in the Ferns.** (*Ann. of Bot.* Vol. XXXII, n° CXXVI, Avril 1918, pages 233 à 245).

L'auteur montre tous les termes de passage qui existent entre les deux types classiques de traces foliaires chez les Fougères, le type « marginal » et le type « extramarginal » ; il donne une longue liste de Fougères de toutes les familles, classées d'après la disposition de la trace foliaire. A peu d'exceptions près, ce caractère est constant chez toutes les espèces d'un même genre en définissant les genres suivant la classification adoptée par Christensen dans son « *Index Filicum.* » Jean **Friedel**

Ishikawa, Rigakushi. — **Studies of the embryo sac and fertilization in *Œnothera*** (*Ann. of Botany.* Vol. XXXII, n° CXXVI, Avril 1918, pages 279 à 317).

Dans un mémoire accompagné de nombreuses figures, l'auteur décrit en détail le développement du sac embryonnaire et la fécondation dans le genre *Œnothera*. Les résultats les plus intéressants qu'il signale sont les suivants :

Le sac embryonnaire dérive soit d'une tétrade micropylaire, soit d'une tétrade chalaziale ; souvent les deux tétrades se développent en sacs embryonnaires complets. Le sac embryonnaire, non seulement dans le genre *Œnothera,* mais encore dans les genres *Ludwigia*, *Gaura*, *Godetia* et *Circæa*, est tétranucléé par avortement des antipodes et de l'un des noyaux polaires. Par contre, dans le genre *Trapa*, il y a un sac embryonnaire normal à 8 noyaux. Ishikawa considère qu'il vaudrait mieux ne pas ranger ce genre dans la famille des Œnothéracées. Jean **Friedel**

# CHRONIQUES ET NOUVELLES

M. Sarraut, Gouverneur général de l'Indo-Chine. vient de créer à Saïgon un *Institut de recherches scientifiques* destiné surtout à l'étude de la flore et de la faune des diverses régions indo-chinoises, et aussi à l'examen des questions agricoles et industrielles qui s'y rattachent.

L'Institut scientifique de Saïgon va établir des annexes dans les différentes contrées du pays pour qu'il y soit entrepris des recherches variées. De plus, l'Institut botanique de Saïgon, le Service expérimental de riziculture, la Station de Giaraï, l'*Arboretum* de Trangboum et les Laboratoires pour l'étude de la Flore forestière et des maladies des plantes cultivées ont été rattachées au nouvel Institut de recherches.

M. Auguste Chevalier, Docteur ès-sciences, Chef de la Mission permanente de l'Agriculture au Ministère des Colonies a été nommé Directeur de l'Institut de recherches scientifiques.

Une commission de contrôle de l'exploration scientifique de l'Indo-Chine a été nommée par l'Académie des Sciences, Cette commission, présidée par le Président de l'Académie, se compose de MM. Gaston Bonnier, Yves Delage, Grandidier, Guignard, A. Lacroix, Edmond Perrier.

⁂

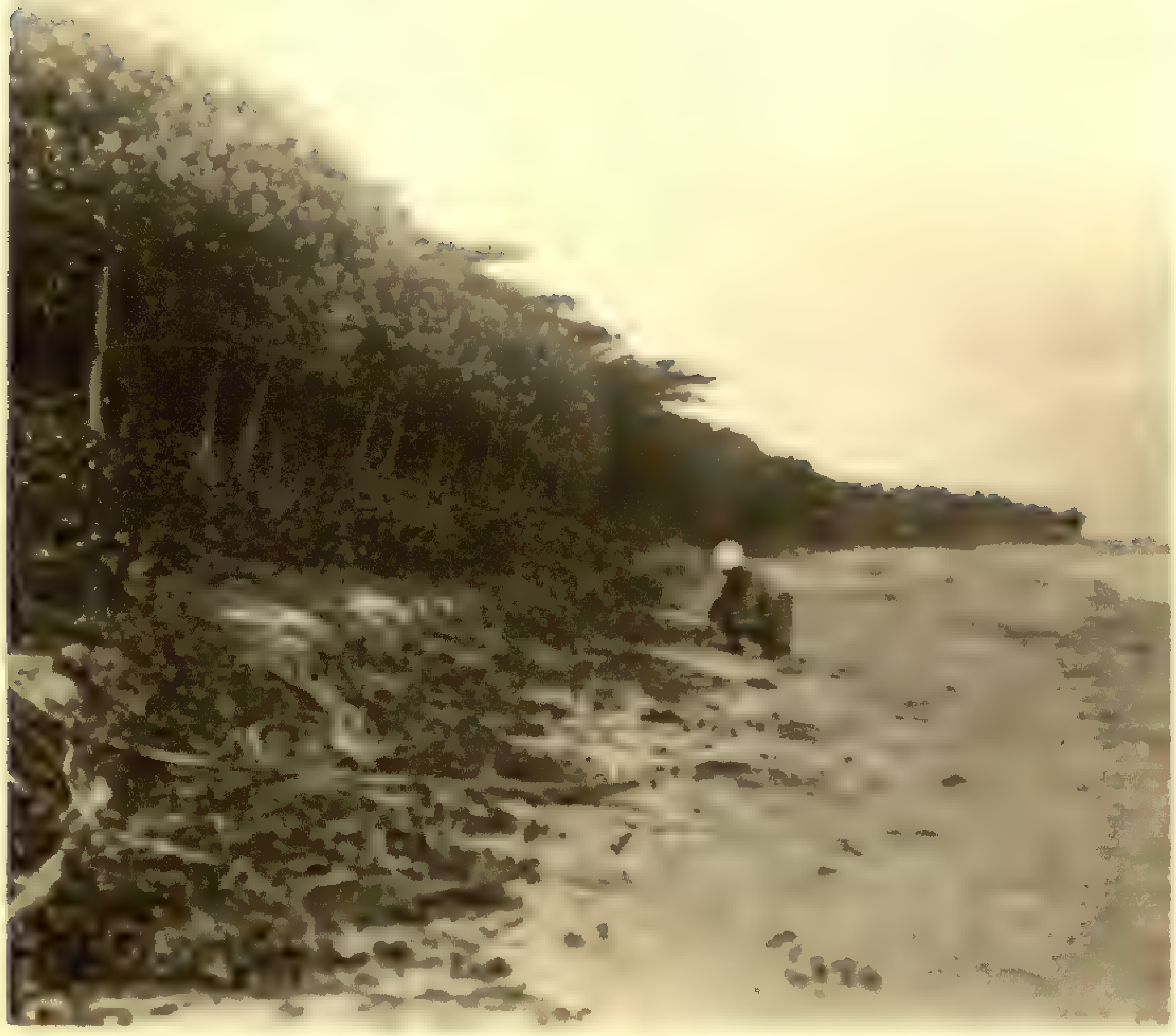
M. Maurice Lévêque de Vilmorin, ancien Président de la Société Botanique de France, et Président de l'Académie nationale d'Agriculture, est mort le 21 avril 1918.

M. Maurice de Vilmorin est né le 26 février 1849 à Verrières-les-Buisson (Seine-et-Oise). C'est principalement dans le domaine des Barres (Loiret), propriété de son grand-père Philippe-André de Vilmorin, que, dès sa jeunesse, il se livra à l'étude de la Botanique et de l'Horticulture, et il s'occupa bientôt de reviser les plantations méthodiques des arbres forestiers établies dans ce domaine. Ses recherches s'étendirent ensuite aux arbrisseaux, et à côté de l'*Arboretum* des Barres, il établit un *Fruticetum* où furent cultivées toutes les espèces d'arbrisseaux pouvant supporter le climat de cette contrée de la France.

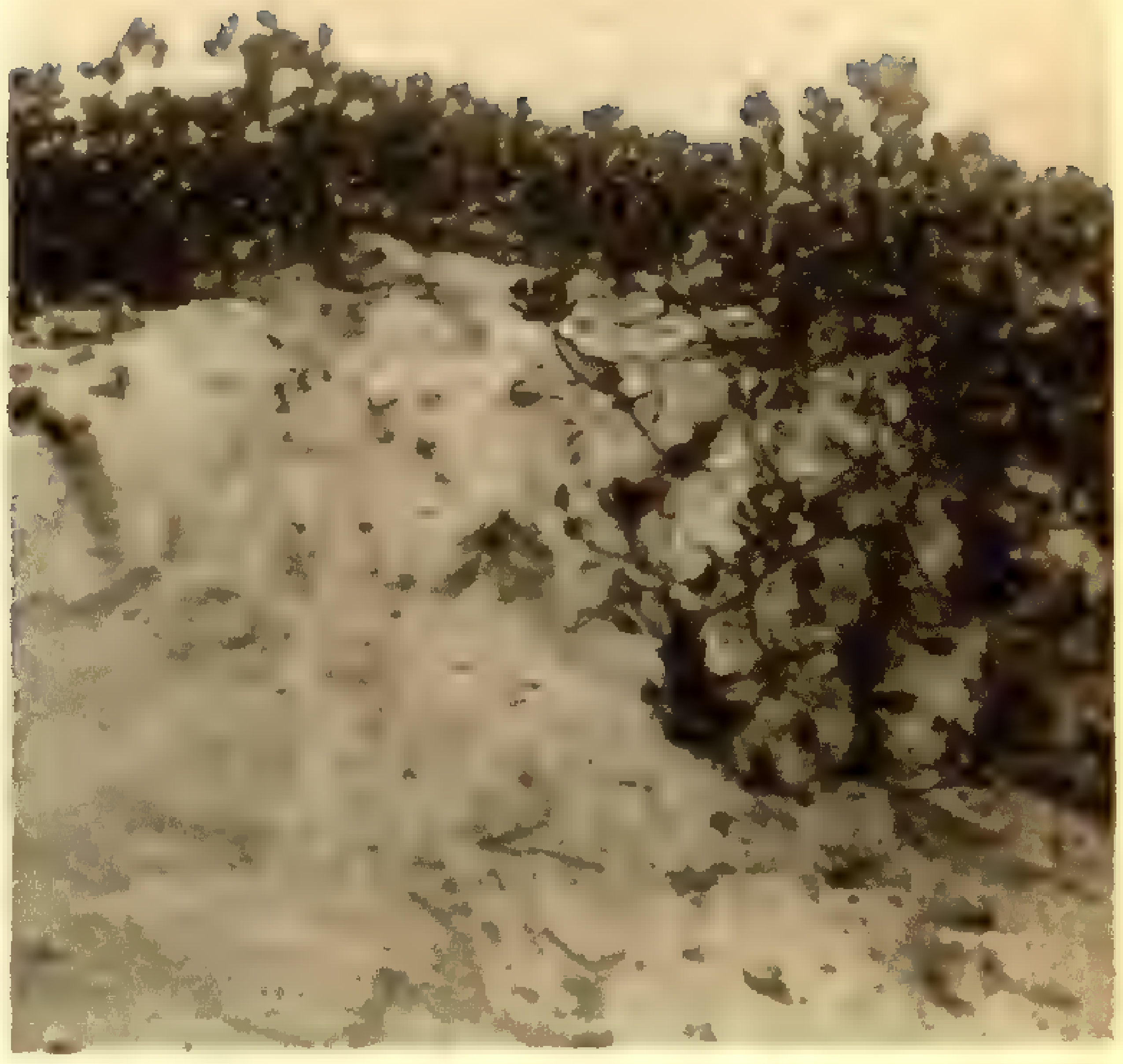
D'autre part, depuis 1871 jusqu'à 1898, M. Maurice de Vilmorin avait entrepris de très intéressantes expériences culturales sur le degré de résistance des arbres, et plus spécialement des Conifères, en présence des sols calcaires, des terrains secs ou humides ou de divers autres milieux. Ces cultures comparées ont été suivies sur plus de 58 hectares de terrains. Aussi, l'auteur s'intéressa-t-il particulièrement au domaine d'Harcourt qui appartient à l'Académie d'Agriculture et où se trouve un *Arboretum,* créé depuis un siècle et qui renferme l'une des plus belles collections de Conifères qui soit en Europe. M. Maurice de Vilmorin enrichit encore cette collection et offrit à l'Académie d'Agriculture un don important, en argent, pour l'entretien et le développement de cét *Arboretum* de Conifères.

M. Maurice de Vilmorin a publié onze Mémoires dans les Comptes-Rendus de l'Académie d'Agriculture sur diverses questions forestières et horticoles, et de très nombreuses notes dans le « Bulletin de la Société Nationale d'Acclimatation, le « Bulletin de la Société dendrologique de France », la « Revue des eaux et forêts », le « Journal de la Société Nationale d'Horticulture » et dans d'autres publications encore.

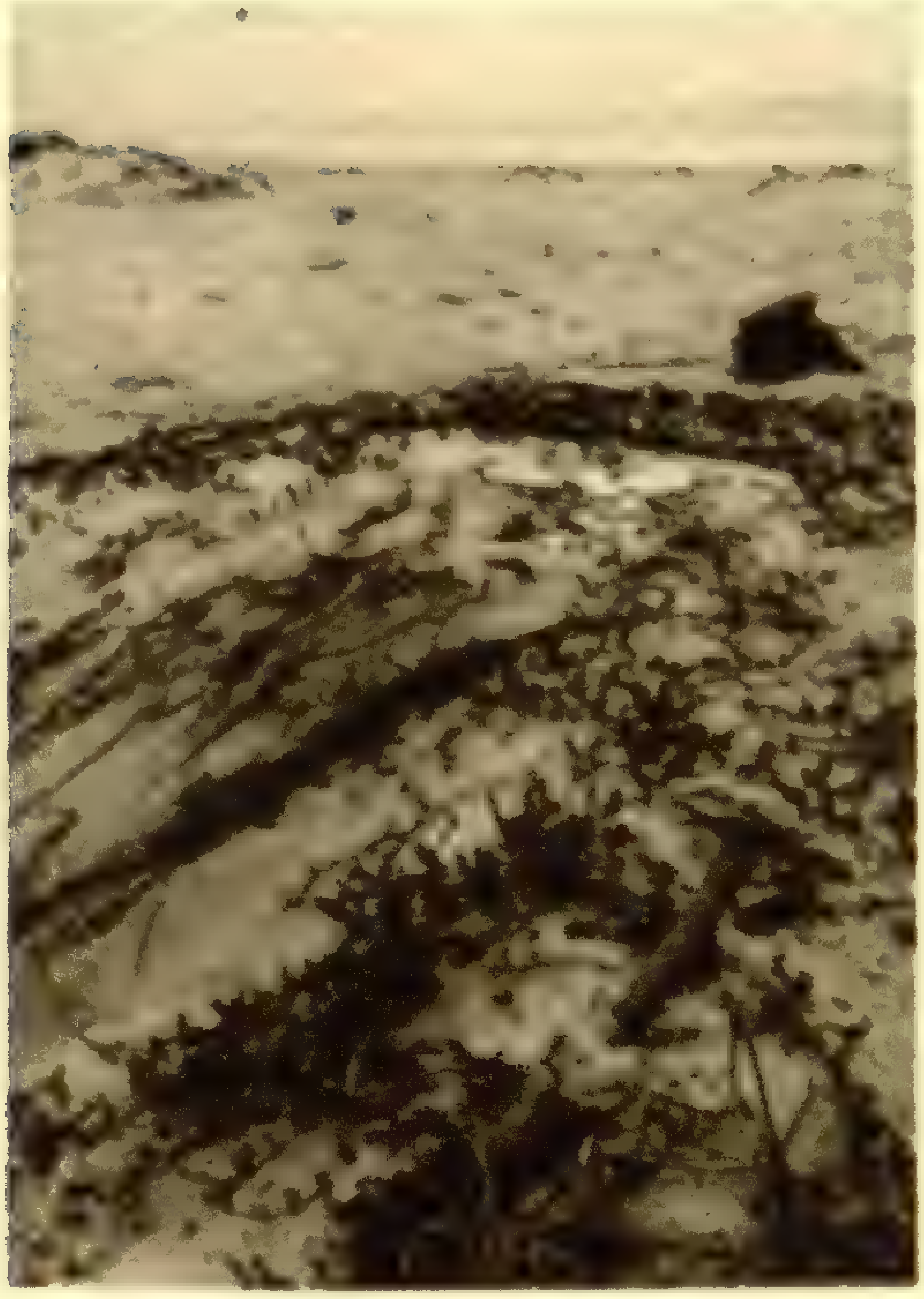
Nemours.— Imp. Henri Bouloy. *Le Gérant :* Henri Bouloy



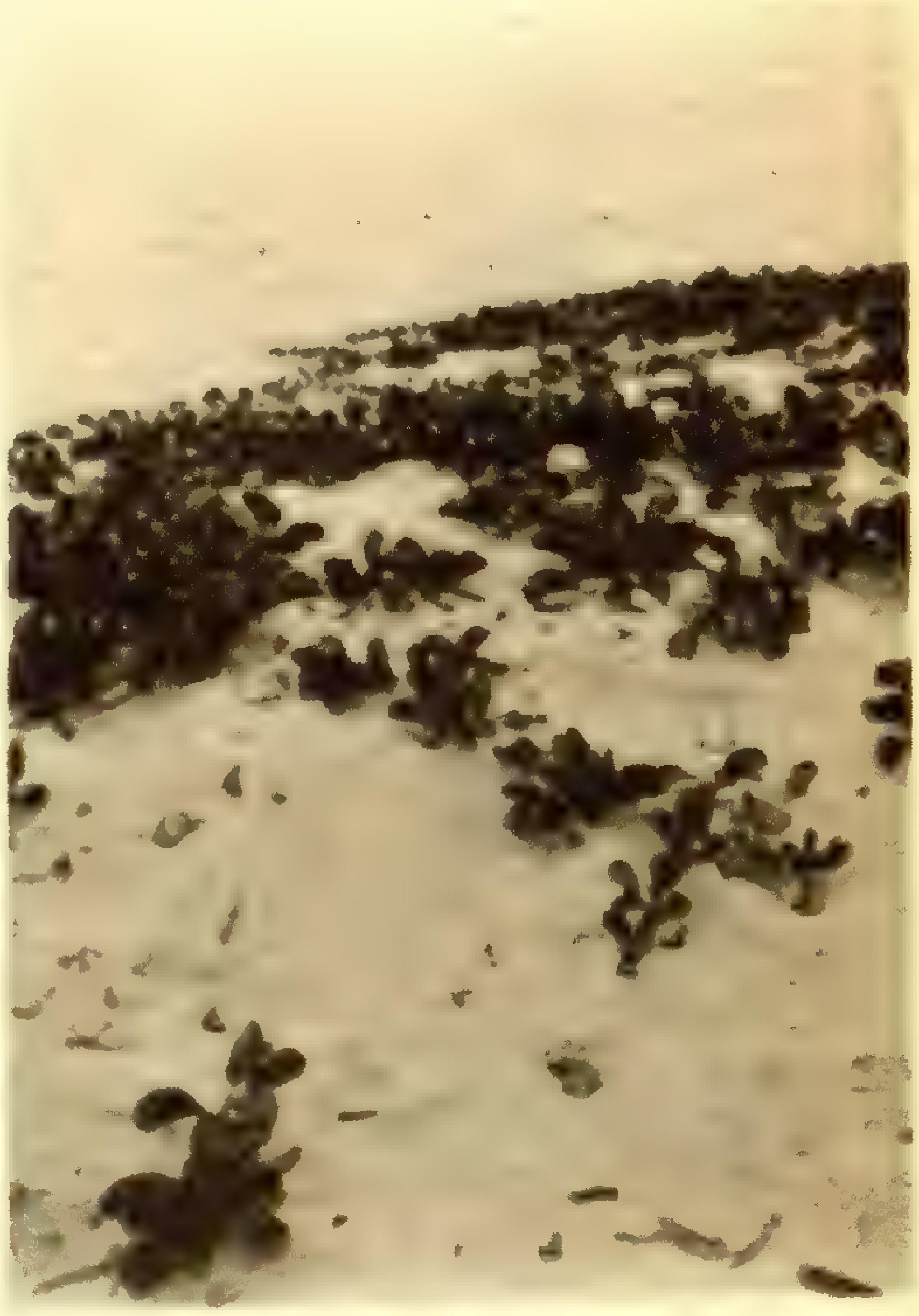
I



II



III

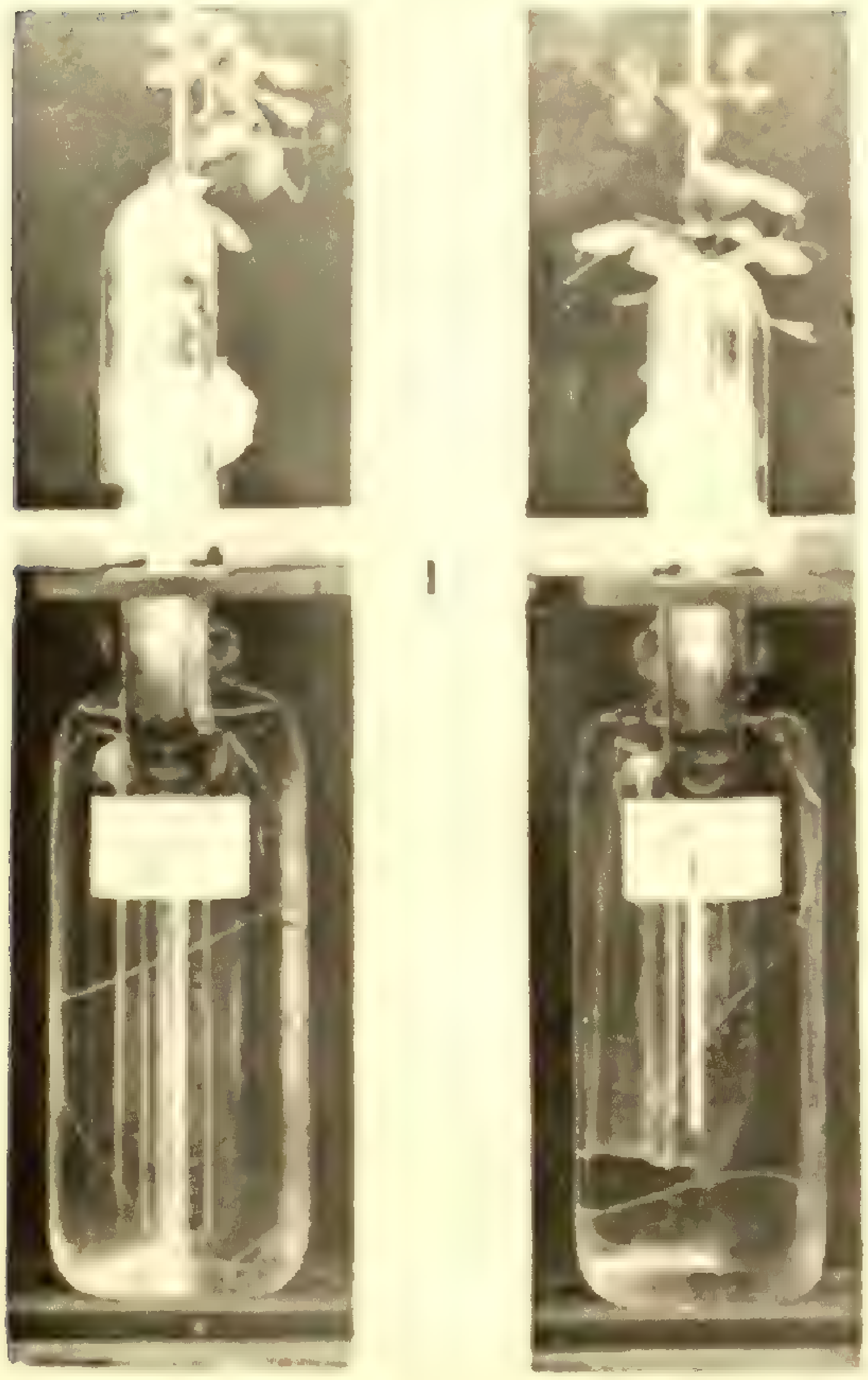


IV

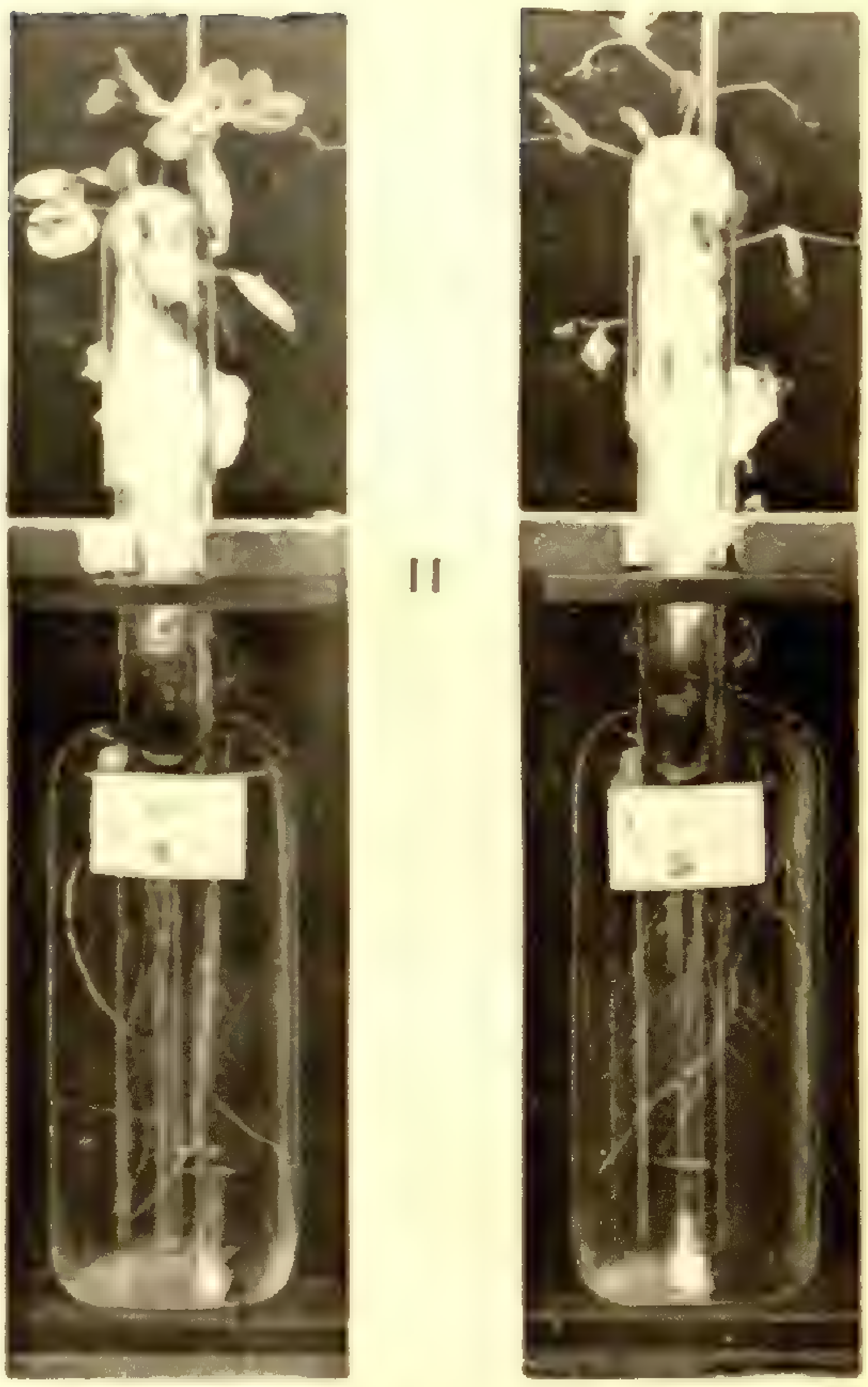
R. Viguier, phot

Le Deley, imp

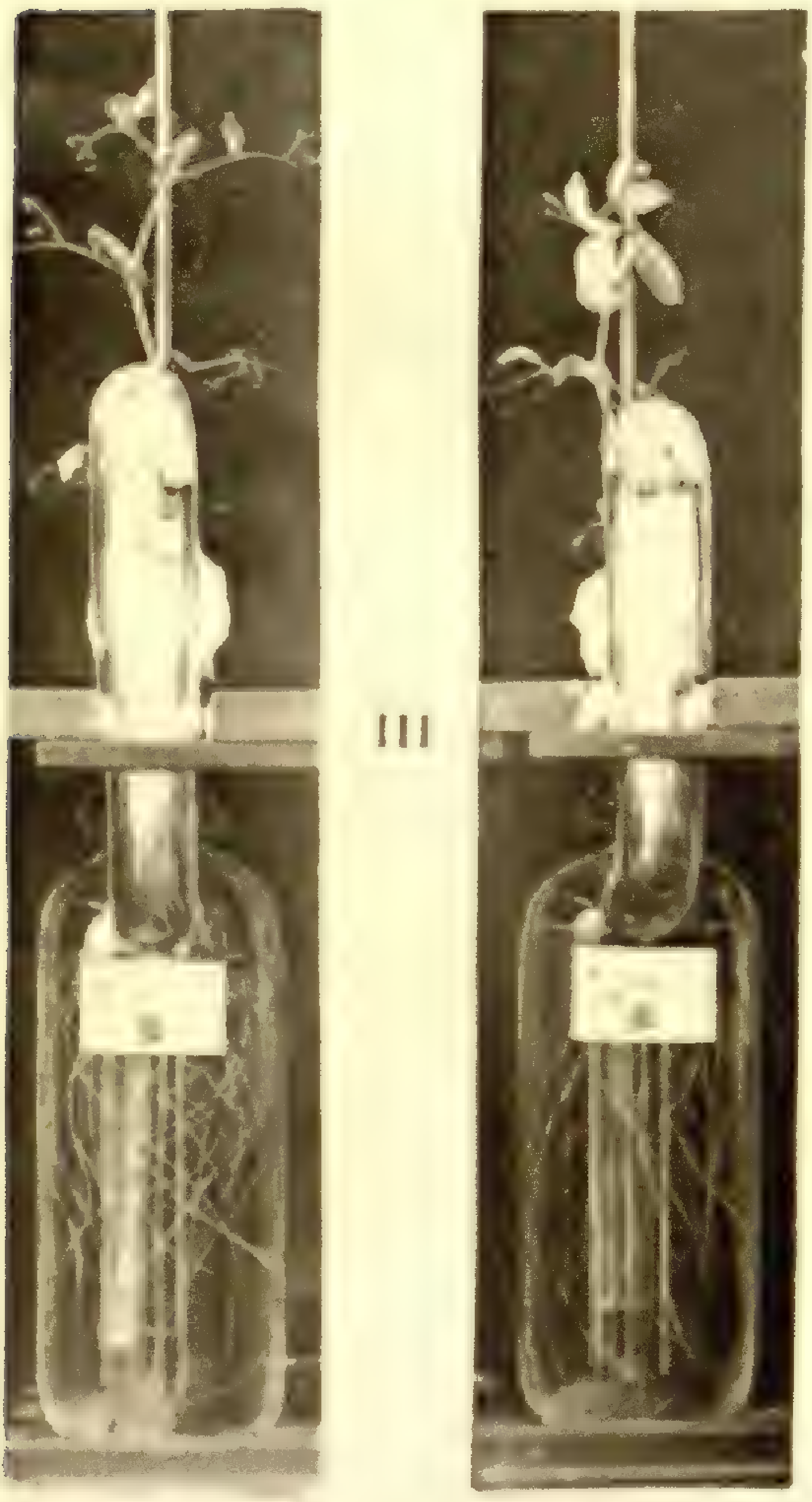
*Plantes littorales de Madagascar*



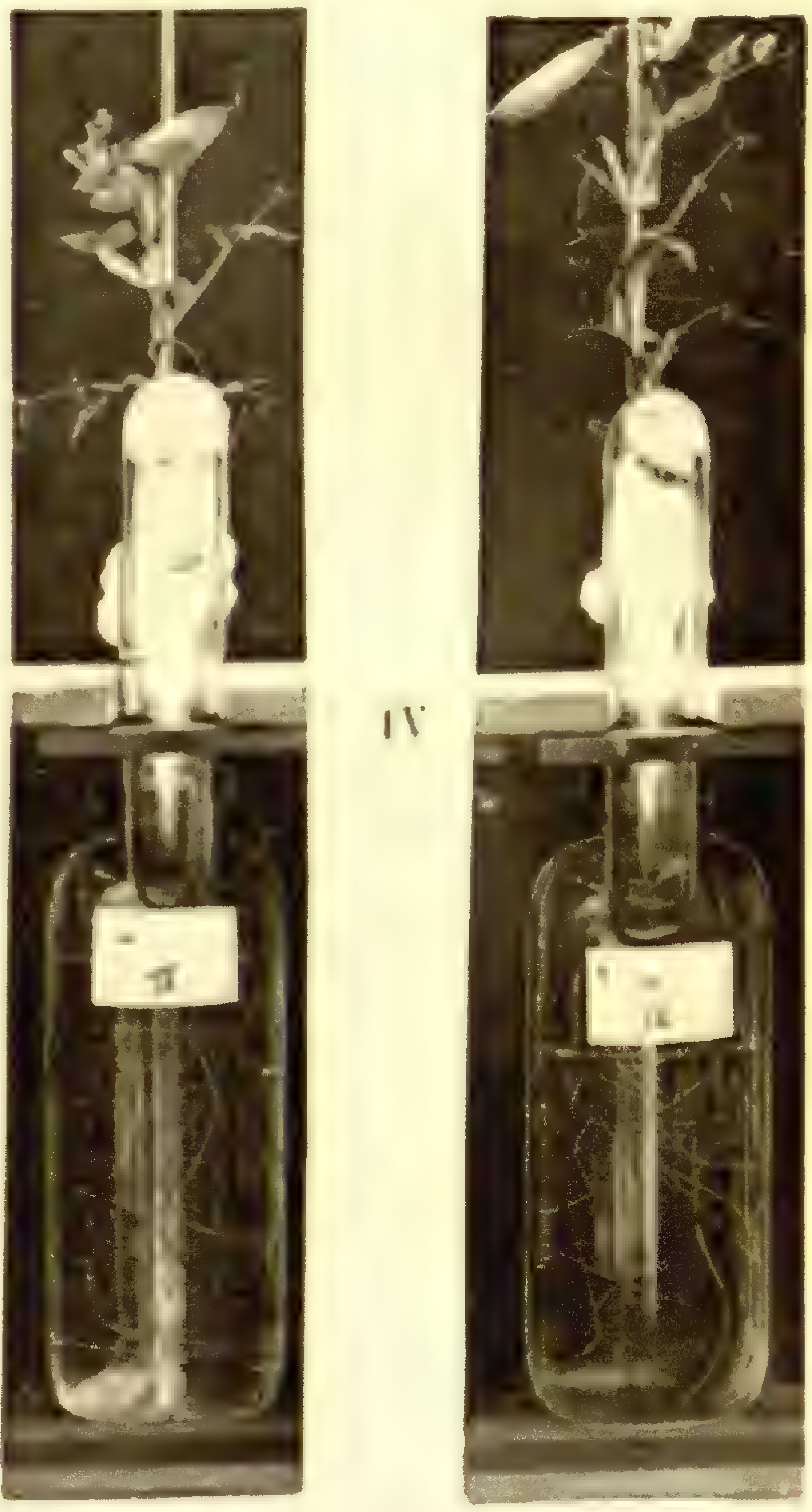
I



II



III



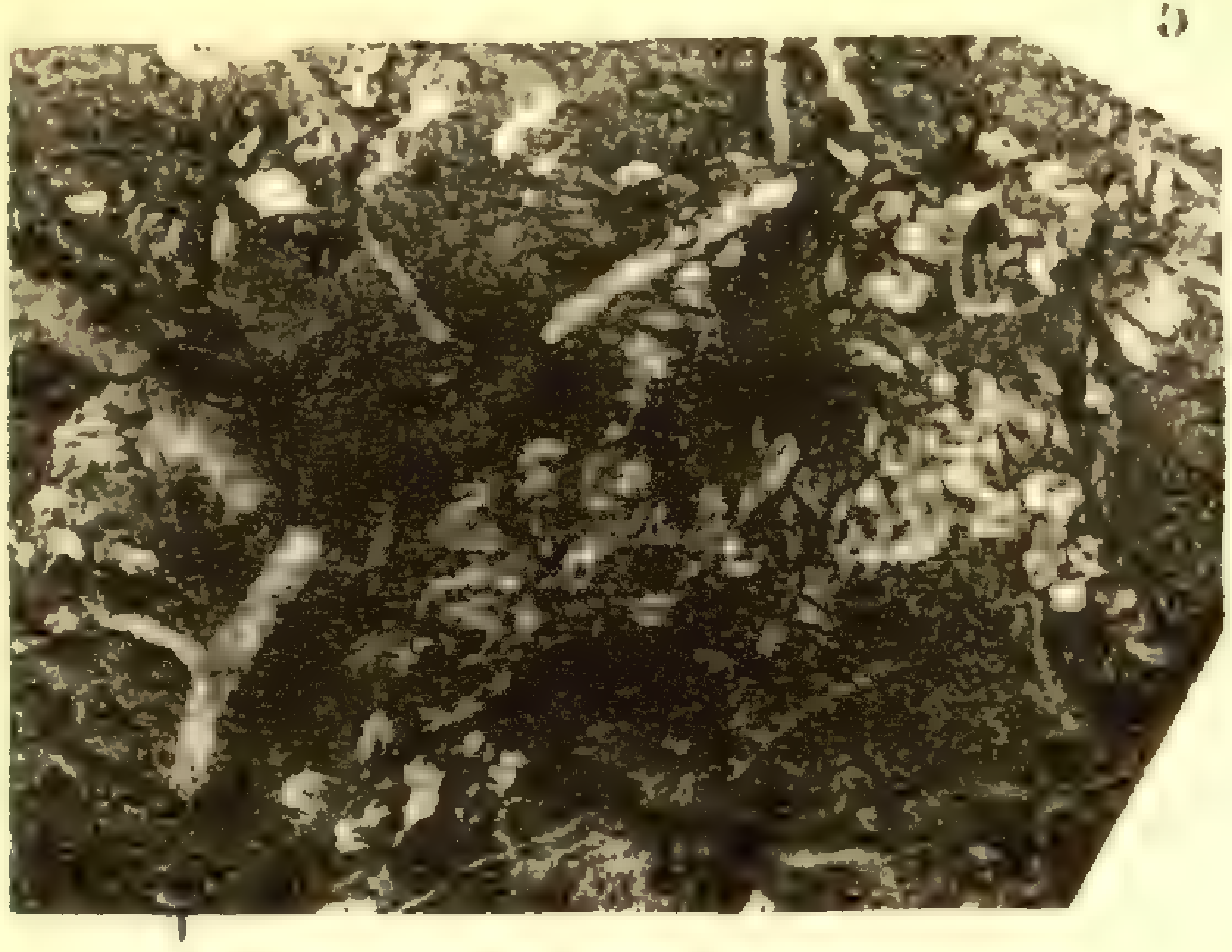
IV

Lebrian et Michel-Durand phot.

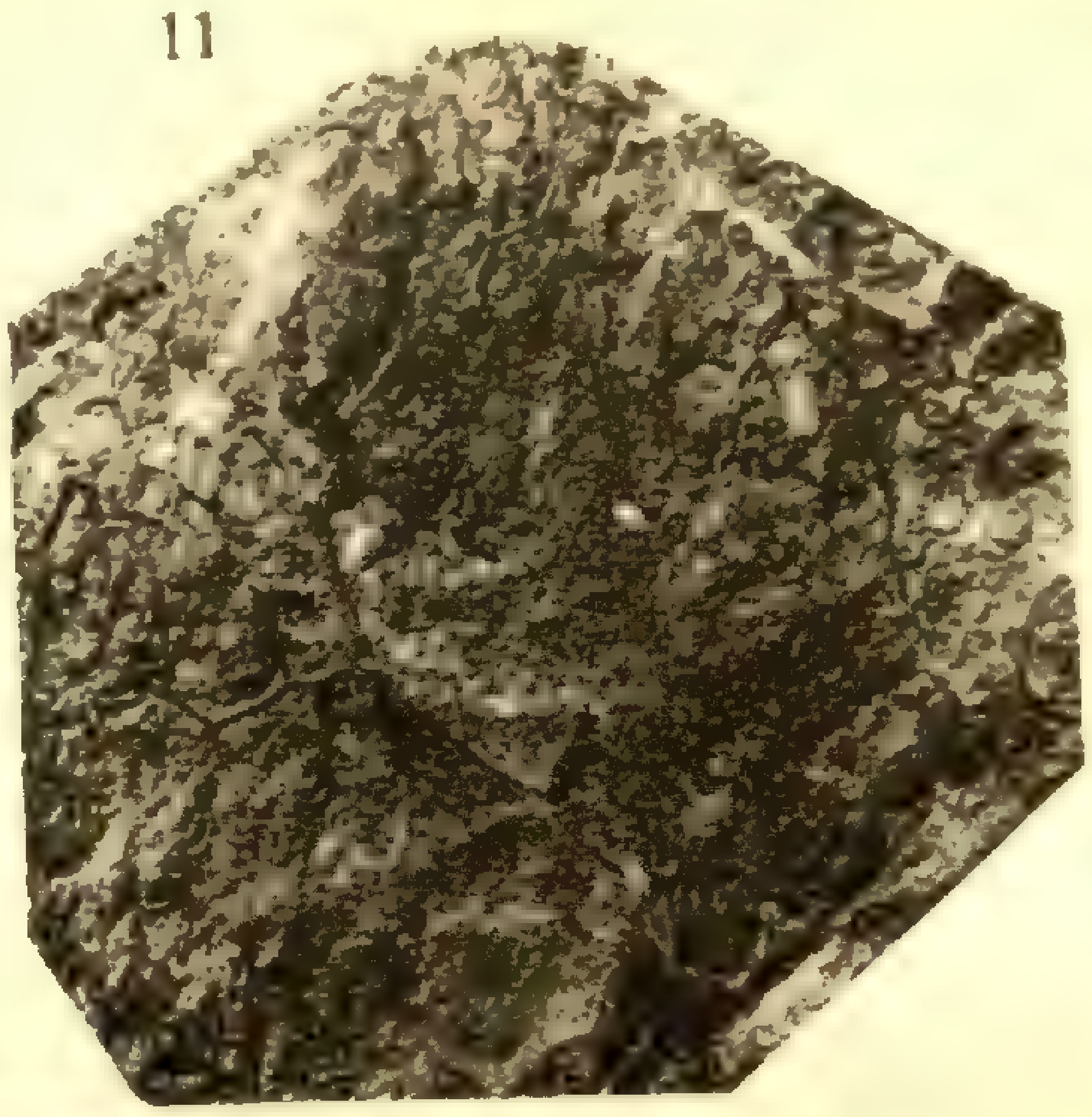
Le Deley, imp.

*Influence de l'éclairement sur l'absorption du glucose*

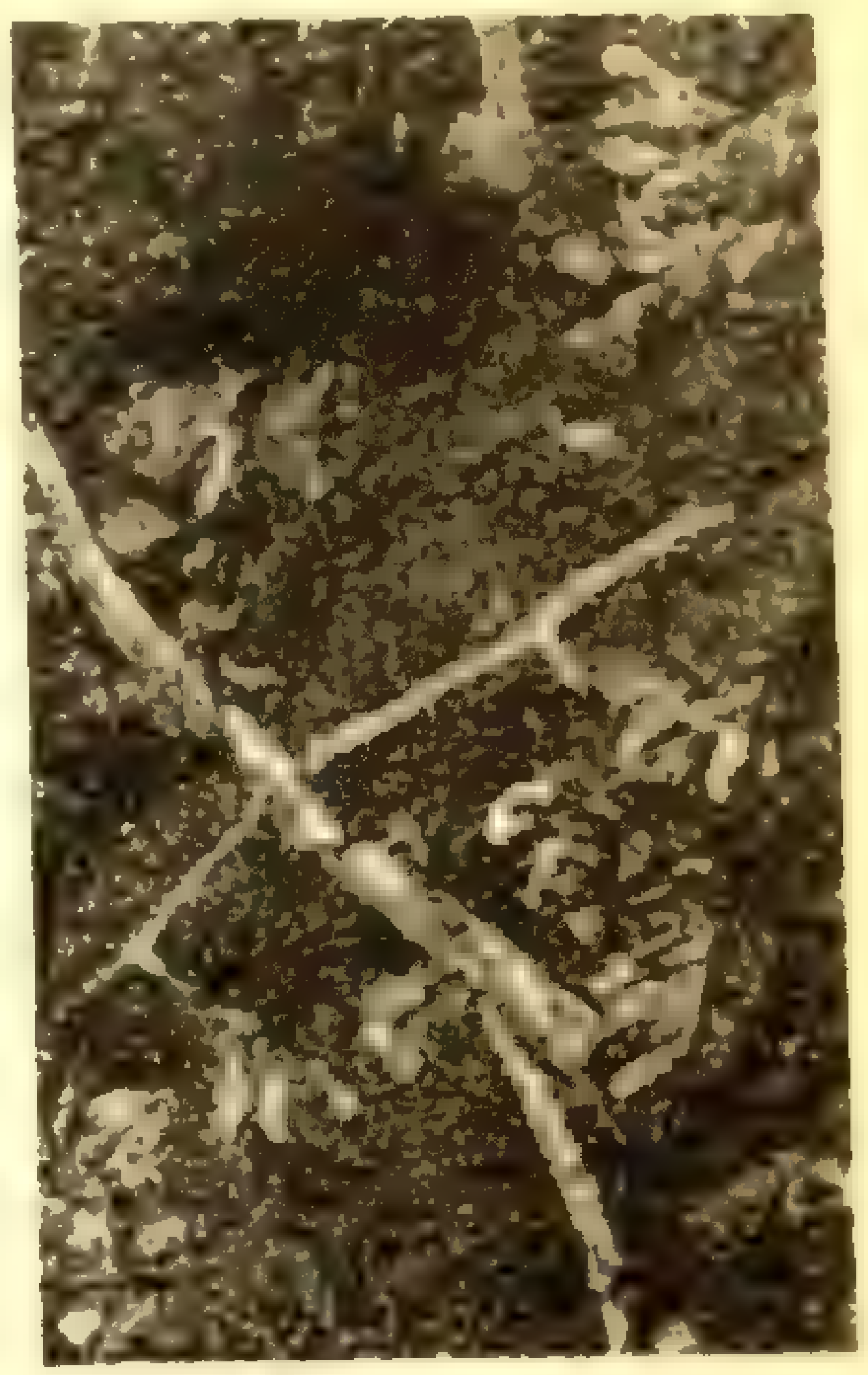
5



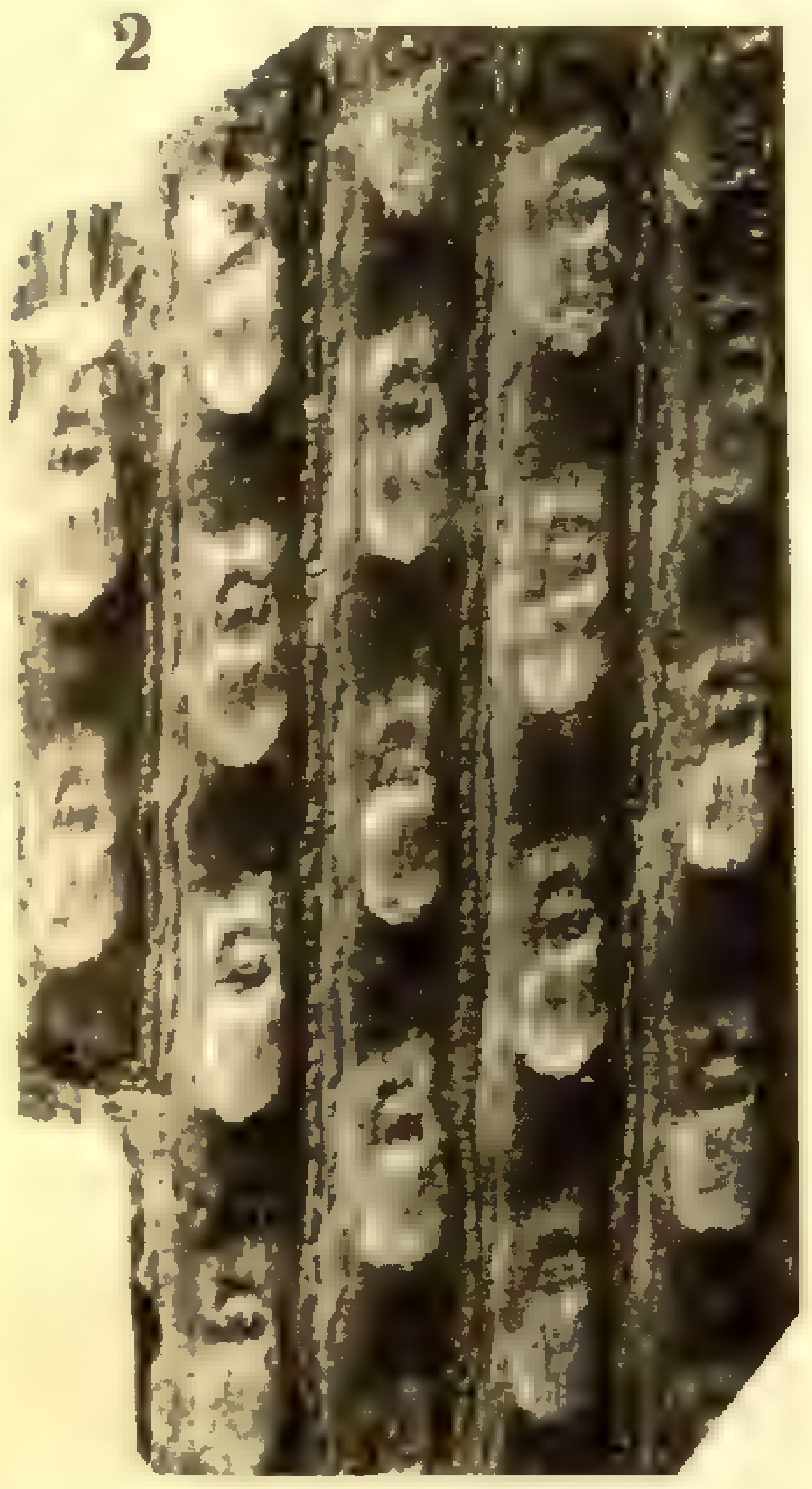
11



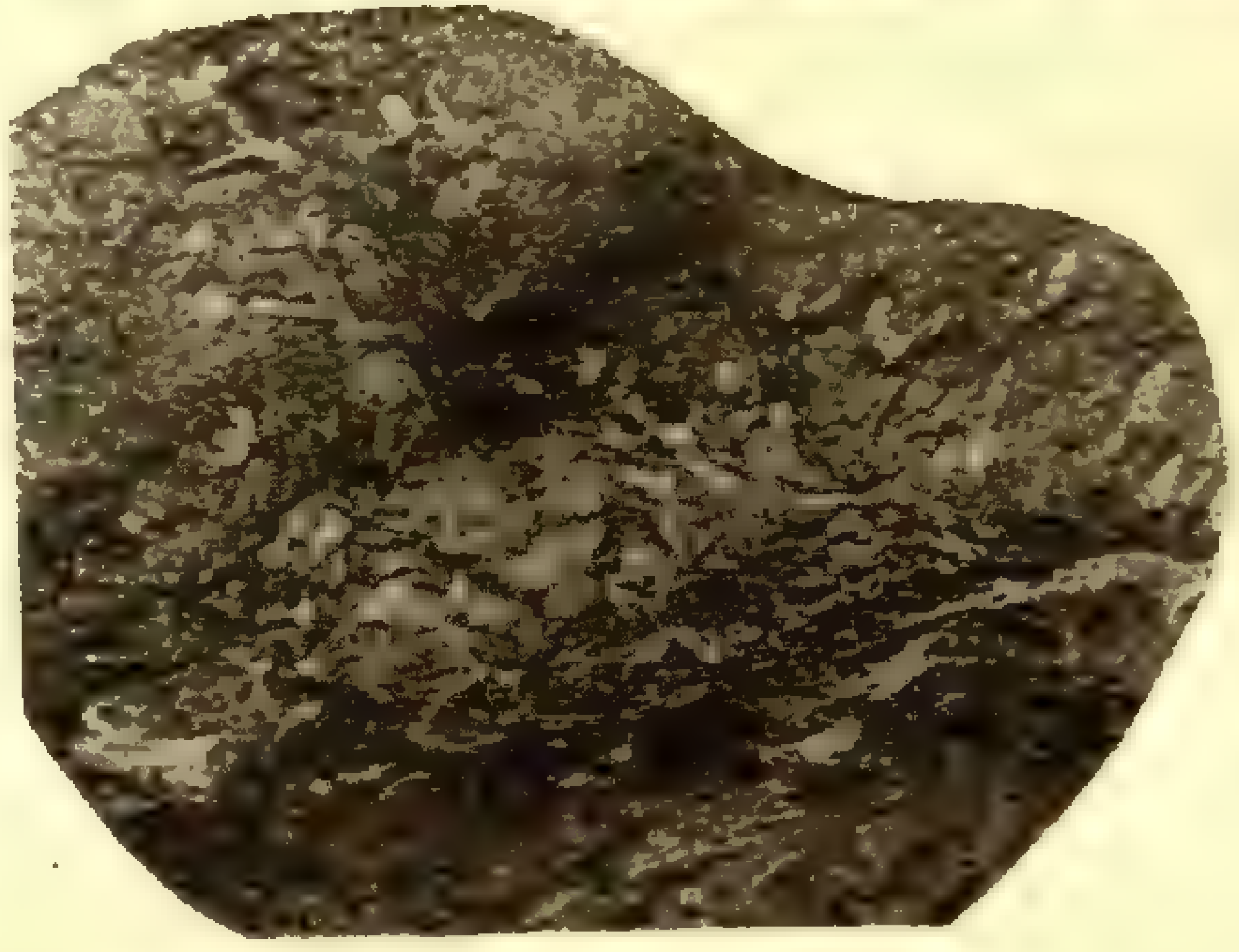
6



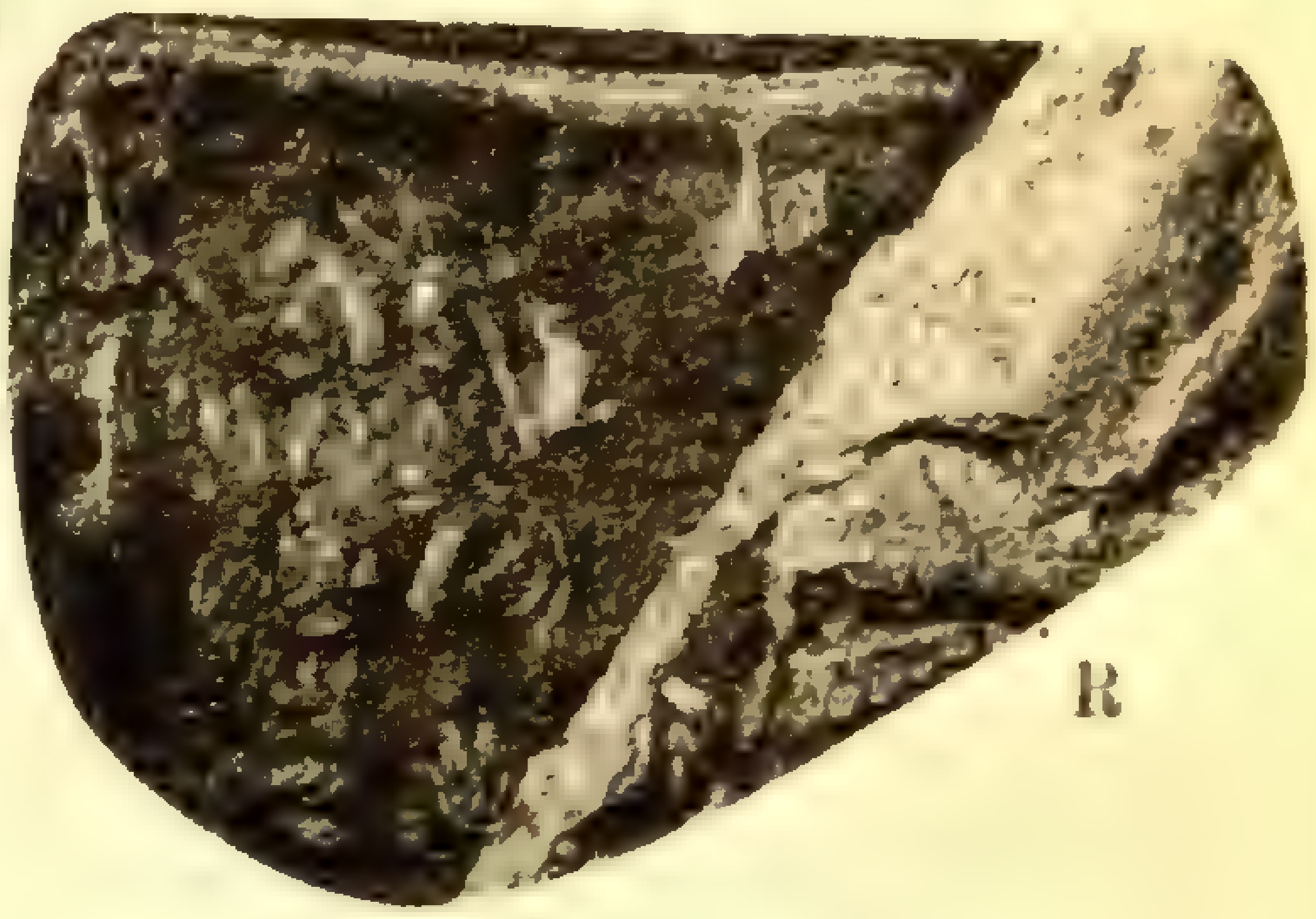
2



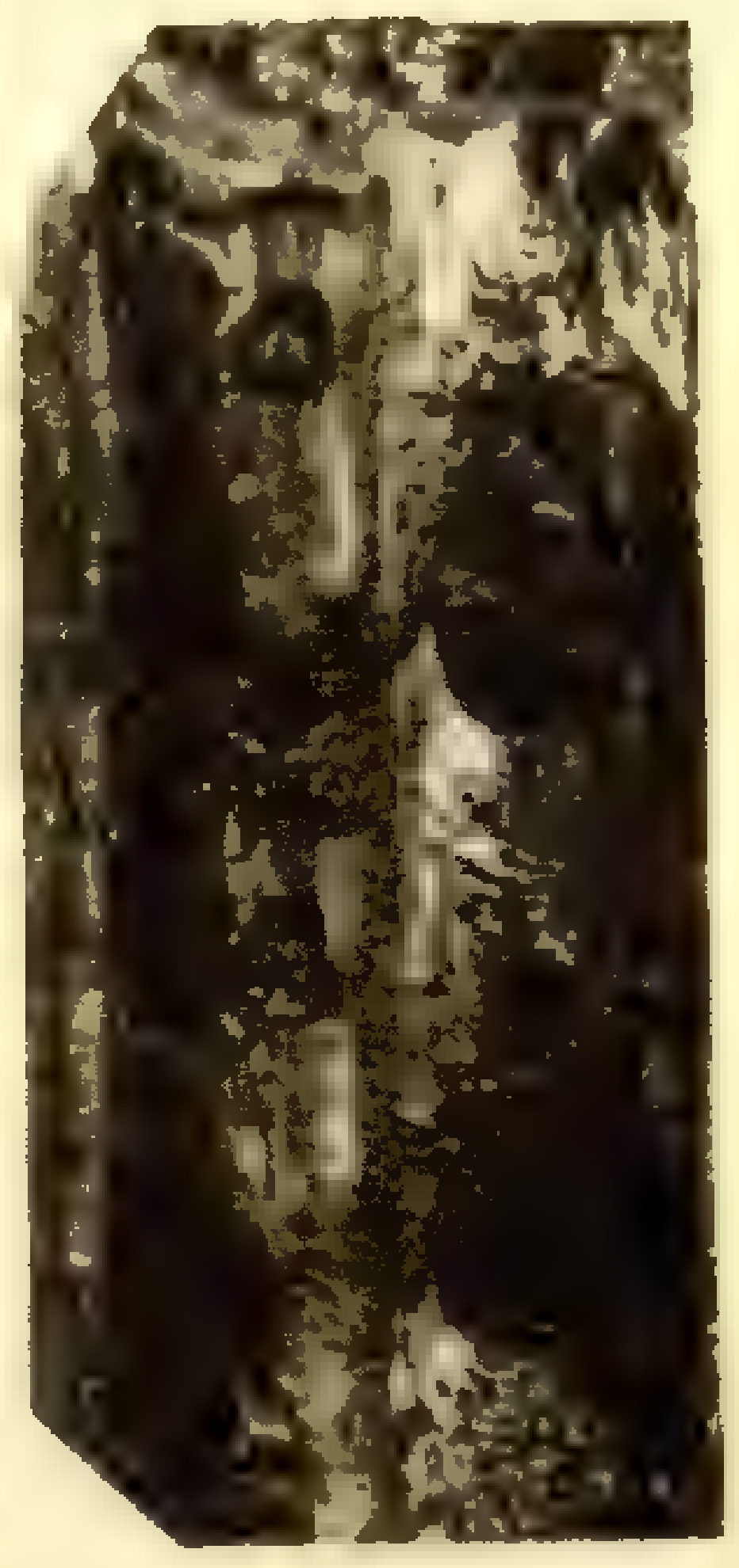
10



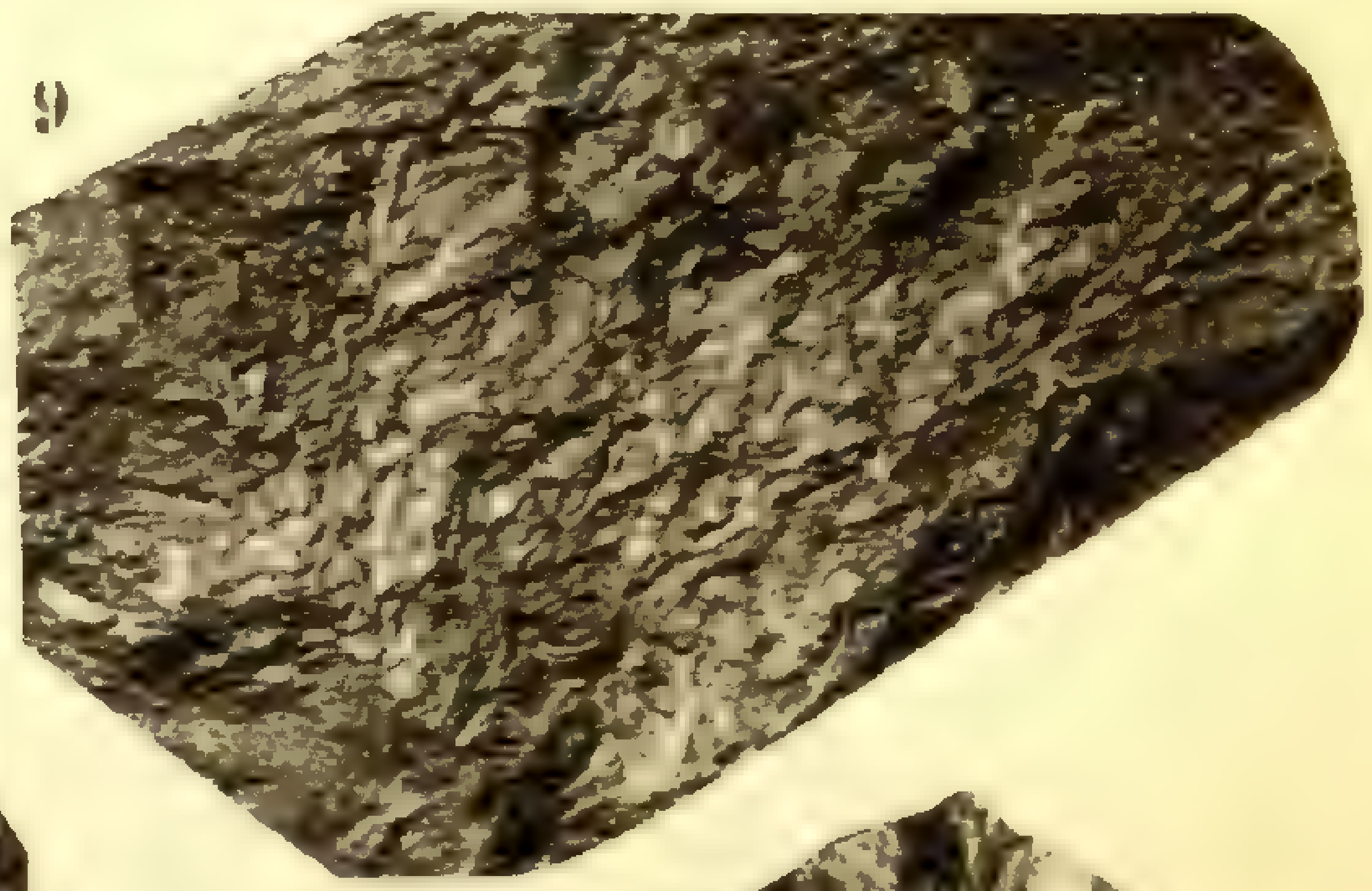
7



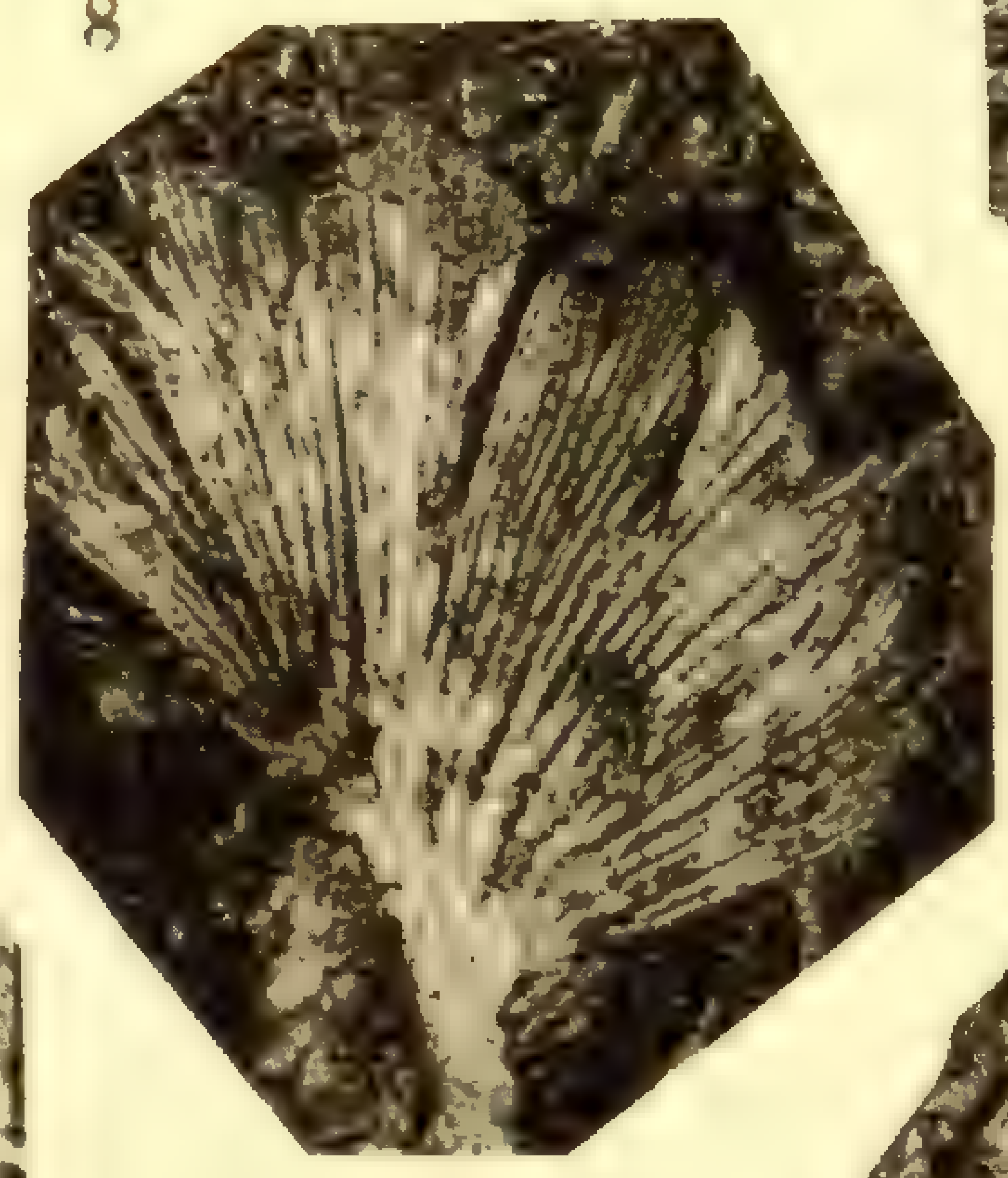
2 A



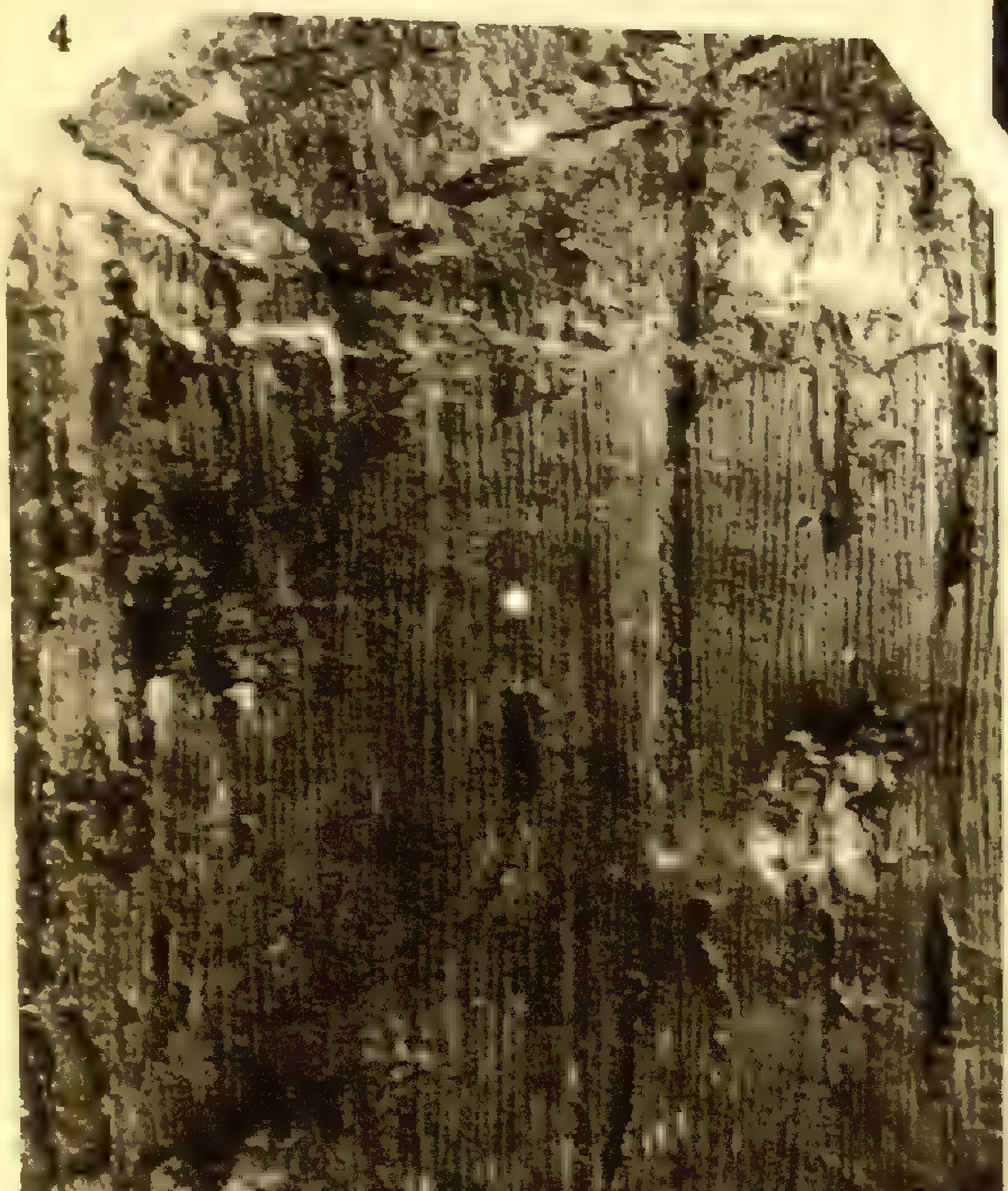
9



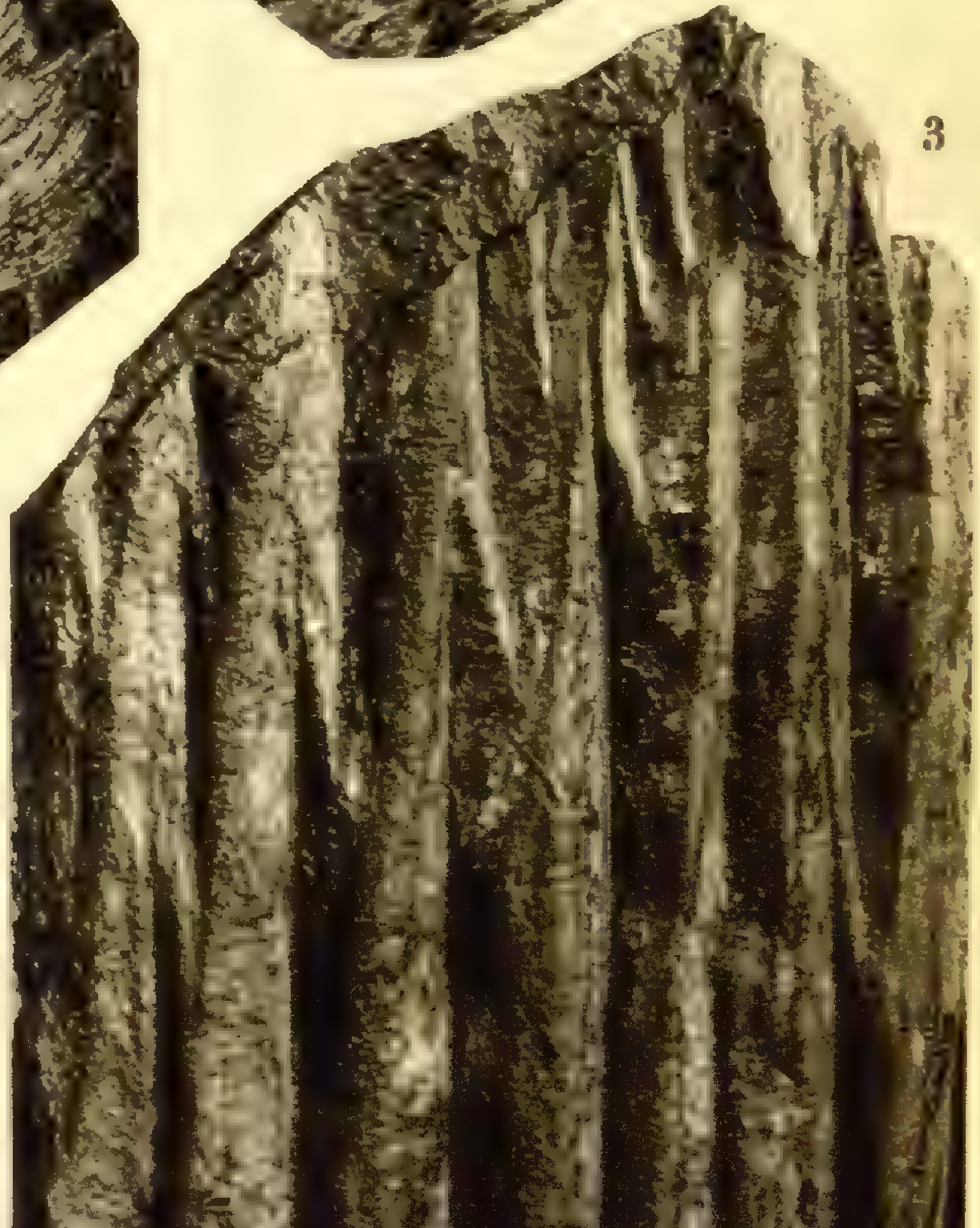
8



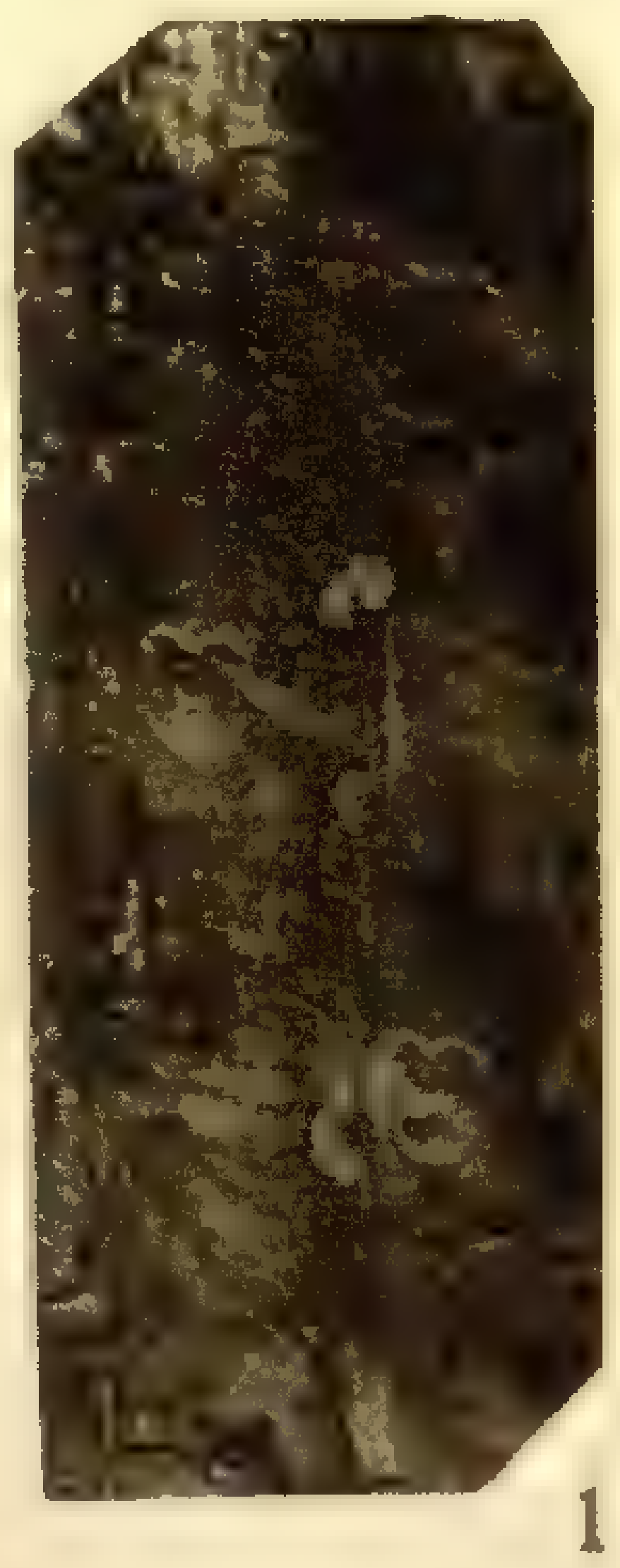
4



3



1



A. Grévy phot.

*Empreintes carbonifères*

Le Deley, imp.

# RECHERCHES ANATOMIQUES

SUR QUELQUES

# PLANTES LITTORALES DE MADAGASCAR

par M. Marcel DENIS

*(fin)*

---

### *Scævola Kœnigii* Vahl

N° 221

[DC. Prod. VII. 505]

Feuille. — La feuille a un limbe mince, mais la nervure fait fortement saillie.

L'épiderme supérieur, à cellules assez petites, allongées, supporte une très fine cuticule. Il est séparé du reste du mésophylle par un hypoderme aquifère formé de grandes cellules.

Des cellules, plus petites et plus serrées, constituent l'épiderme inférieur, interrompu çà et là par des poils cutinisés, unicellulaires.

Au niveau de la nervure, les épidermes gardent leurs caractères mais l'hypoderme disparaît. Neuf faisceaux cribro-vasculaires isolés les uns des autres et disposés en V sont noyés dans un grand nombre de cellules sinueuses à faibles méats ; chacune d'elles contient une petite mâcle d'oxalate de calcium.

Tige. — La tige est extrêmement charnue.

L'épiderme est formé de cellules, petites, isodiamétriques, bombées extérieurement et à cuticule bien visible.

L'écorce est constituée par environ dix-huit assises de cellules

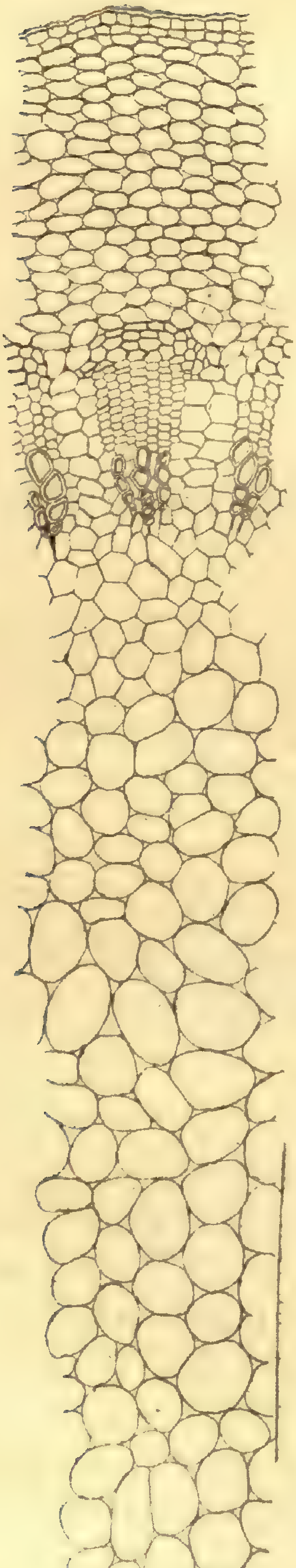


Fig. 9. — *Scævola Kœnigii.* Coupe transversale dans la tige.

devenant plus grandes à partir de la troisième travée et limitant, par endroits, de larges méats.

L'anneau libéro-ligneux est formé d'un grand nombre de faisceaux contigus mais qui gardent leur individualité.

Des vaisseaux assez larges et nombreux et un liber bien développé que limitent extérieurement 2-6 couches de fibres péricycliques, voilà ce qui constitue chaque faisceau.

J'ajouterai que des mucilages cellulosiques obturent souvent la lumière des larges vaisseaux.

La moelle est constituée par un amas énorme de cellules volumineuses, rondes, çà et là oxalifères, sans méats et qui se lignifient dans la région périphérique.

### *Scævola Plumieri* Vahl

N° 343

[DC. Prod. VII. 506]

Feuille. — La feuille est très charnue.

L'anatomie en a été étudiée par Warming (1897) et Harshberger (1908).

La structure, isolatérale, est intermédiaire entre le type staurophylle pur et le type diplophylle.

Les épidermes, semblables, à cellules un peu bombées, sont recouverts d'une épaisse cuticule. La surface est glabre et les stomates sont à demi enfoncés. De chaque côté de la région centrale où se voient au milieu de cellules assez petites des faisceaux libéroligneux alternant avec des trachéides, deux zones distinctes s'étendent.

La zone externe est formée de 3-4 assises de cellules palissadiques assez petites et serrées.

La zone interne est formée d'un tissu également palissadique mais à cellules grandes et larges et sans méats. Ces cellules disposées, de chaque côté, en 2-5 assises, jouent un rôle aquifère.

Au niveau de la nervure médiane qui fait à peine saillie, le tissu aquifère augmente d'importance : on le voit remplacer les cellules palissadiques de l'assise inférieure.

**Pétiole.** — Le pétiole est très charnu.

Il est entouré par un épiderme à cellules plus volumineuses que dans la feuille et recouvert d'une forte cuticule. Un arc de faisceaux libéro-ligneux isolés est noyé dans un parenchyme sans méats formé de volumineuses cellules contenant chacune une petite mâcle d'oxalate de calcium.

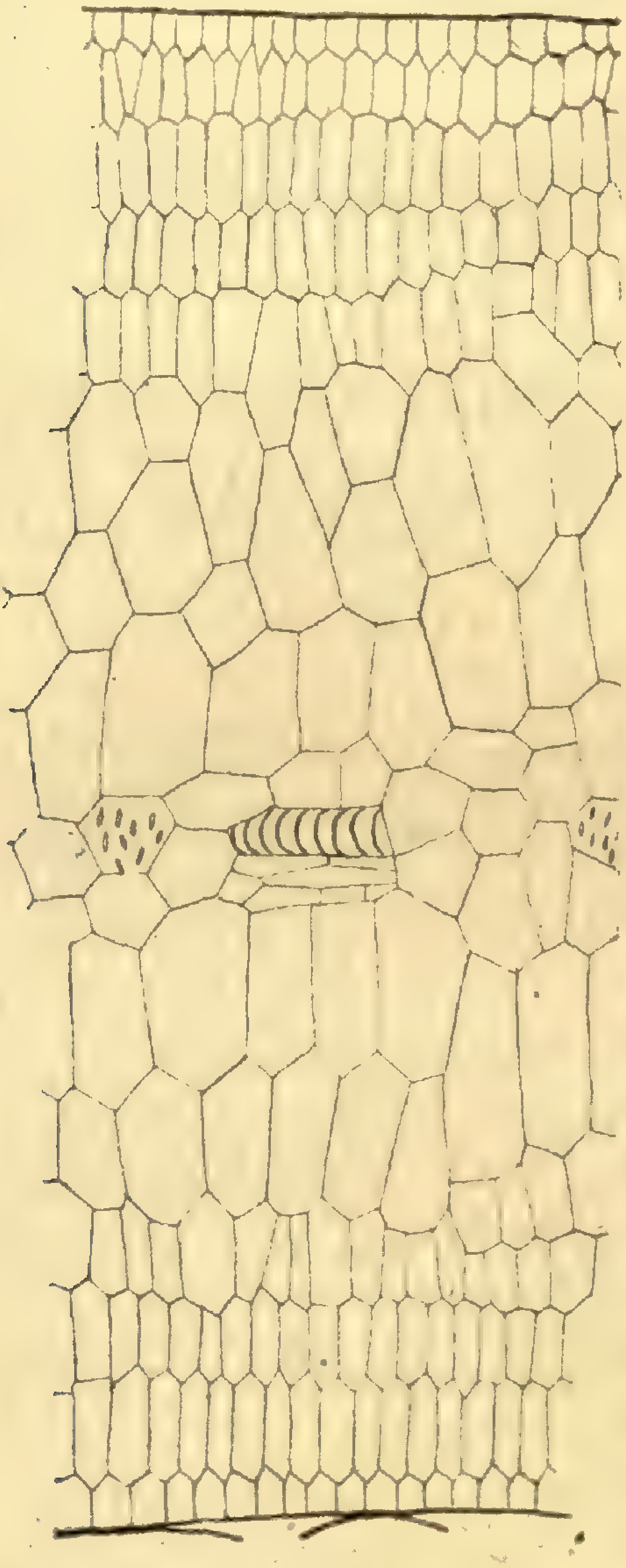


Fig. 10. — *Scævola Plumieri*. Coupe transversale dans la feuille.

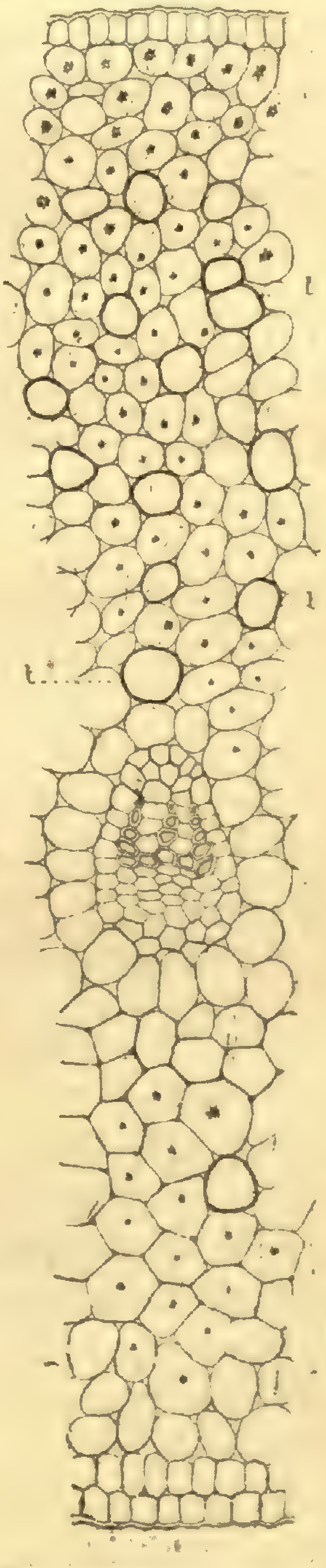


Fig. 11. — *Scævola Plumieri*. Coupe transversale dans le pétiole : *t*, trachéides.

Toute la partie supérieure de l'organe est riche en trachéides aquifères.

Scape. — Cet organe est entouré par un épiderme à grosses cellules et à forte cuticule. Il est constitué par un tissu fondamental à cellules en général grosses, au centre duquel se différencient plusieurs faisceaux libéro-ligneux entourés de deux ou trois rangées de fibres dont la membrane s'épaissit sans se lignifier.

### *Microrhynchus bellidifolius* DC.

N° 248

[DC. Prod. VII. 181]

Feuille. — Les deux épidermes, absolument semblables, sont constitués par des cellules à membrane non épaissie extérieurement et à cuticule linéaire. Les stomates sont légèrement enfoncés dans l'épiderme. Le mésophylle a une structure bifaciale mais bien peu caractéristique. Le parenchyme supérieur est à quatre assises de cellules rectangulaires, courtes ; le parenchyme inférieur, plus lâche, est constitué par 4-5 assises de cellules arrondies, passant graduellement au parenchyme supérieur par l'intermédiaire d'un tissu aquifère médian assez peu développé.

Les faisceaux libéro-ligneux, assez nombreux, sont formés d'un petit nombre d'éléments entourés d'une gaîne de cellules coiffant le bois, mais ouverte du côté du liber.

Pétiole. — Le pétiole comprend une partie centrale et deux parties latérales aliformes de structure analogue au mésophylle du limbe. La partie centrale est recouverte d'un épiderme à membrane extérieure épaissie et à cuticule très mince. Elle est formée de cellules hexagonales, volumineuses au centre, moins grandes à la périphérie et qui jouent un rôle aquifère.

Il y a toujours trois faisceaux libéro-ligneux à la base du pétiole. Le faisceau médian — le plus gros — se retrouve dans tout l'organe. Les faisceaux latéraux envoient des ramifications dans tout le mésophylle et ne se distinguent plus en haut de la feuille. Le liber, bien développé, est bordé par un arc de laticifères.

Scape. — Le scape est constitué par un tissu à cellules rondes et grandes au milieu duquel se différencient cinq faisceaux libéro-ligneux. Des cellules plus petites, isodiamétriques, à membrane légèrement bombée vers l'extérieur, forment l'épiderme de la hampe.

Tige. — L'épiderme est constitué par une assise de cellule allongées perpendiculairement à la cuticule, présentant une membrane épaissie vers l'extérieur et vers l'intérieur. La cuticule est assez épaisse.

Les stomates, épars, sont nettement enfoncés. Ils débouchent dans une chambre sous-stomatique médiocrement spacieuse.

L'écorce, assez réduite, comprend sept assises de cellules, petites, arrondies, presque hexagonales, sans méats ou à méats extrêmement petits.

L'assise sous-épidermique a des cellules légèrement épaissies.

On reconnaît facilement l'endoderme à ses cellules plus grandes, souvent aplaties, et à cadre subérifié. Quant au péricycle, les laticifères qu'il différencie devant les faisceaux cribro-vasculaires le mettent aisément en évidence.

Le nombre des faisceaux libéro-ligneux est assez variable, pourtant il en existe toujours trois nettement plus développés que les autres ; ce sont même les seuls qui se voient dans les tiges jeunes.

Le liber, faiblement développé, entoure un bois presque entièrement constitué par des vaisseaux, la plupart à large lumière.

Des fibres, qui se différencient très tardivement, parviennent à unir les éléments ligneux et à donner une structure continue, d'ailleurs assez peu nette.

Enfin, ajoutons que la moelle, volumineuse, est formée de grandes cellules arrondies et à petits méats.

Racine. — La racine était fréquemment parasitée par l'*Heterodera radicicola* Greef (1).

---

(1) La liste des plantes dans la racine desquelles on a trouvé l'*Heterodera radicicola* est déjà très longue. On y ajoutera encore l'*Ipomæa* sp. et le *Microrhynchus bellidifolius*. C'est semble-t-il la première fois qu'on signale ce parasite — d'ailleurs très commun — chez une Convolvulacée. Il a été trouvé dans les genres *Lactuca*, *Sonchus*, *Cichorium*, etc., genres très voisins de *Microrhynchus*. (Voir Frank, 1896, 3e volume).

Les réactions parasitaires, qui ne diffèrent d'ailleurs pas dans les deux espèces peuvent se résumer brièvement : 1° hypertrophie des cellules qui se trouvent à l'entour de la région céphalique du nématode ; 2° vacuolisation du protoplasme qui afflue à la périphérie ; 3° épaississement des membranes des cellules parasitées ; 4° multinucléisation et hypertrophie nucléaire ; 5° passage de la chromatine dans le cytoplasme ; 6° production de cloisons incomplètes dans les cellules multinucléées ; 7° apparition de cellules ligneuses anormales entre les vaisseaux radiculaires et les cellules hypertrophiées.

Ces phénomènes ont été déjà soigneusement décrits par M. Molliard 1900) au travail de qui je renvoie.

Le bois primaire affecte une disposition binaire, mais qui est rare à observer même dans les radicelles. De bonne heure, en effet, des formations de métaxylème apparaissent. Elles envahissent très tôt la moelle qui disparaît.

Dans les racines plus épaisses, le bois ne prend jamais un développement bien considérable : il apparaît sous forme de files rayonnantes, peu nombreuses, limitant de larges bandes de parenchyme.

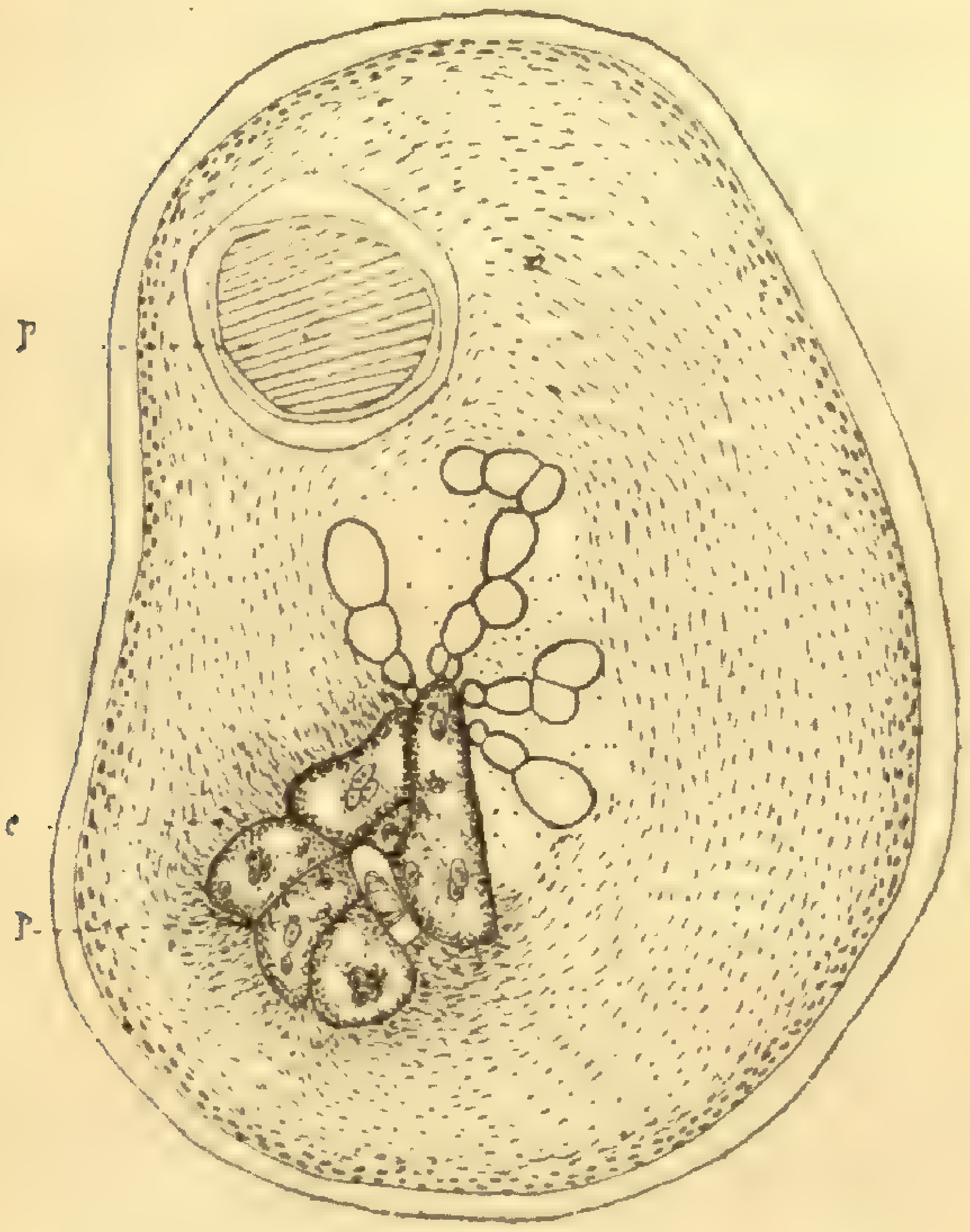


Fig. 12. — Racine de *Mycrorhynchus bellidifolius* parasitée par l'*Heterodera radicicola* : *p*, parasite ; *c*, cellules hypertrophiées entourant la région céphalique du parasite.

Le liber passe insensiblement à un phelloderme produit par une assise génératrice externe qui, née dans le péricycle ou dans les assises externes du liber, a exfolié tous les autres tissus extérieurs.

Des laticifères, disposés en plusieurs cercles (3-4) se voient dans le liber et le parenchyme externe. Le liège comprend 1-2 assises de cellules à paroi mince, mais bien subérifiée.

J'ajouterai que des réserves d'inuline précipitables en sphéro-cristaux par l'alcool se trouvent dans toutes les cellules périvasculaires et aussi, en amas, sous l'assise subéreuse péridermique.

# I. CARACTÈRES GÉNÉRAUX D'ADAPTATION

## A. FEUILLE

### I. *Protections épidermiques.*

1) Membrane externe un peu épaissie chez quelques espèces *(Tribulus cistoides, Ionidium buxifolium, Hydrophylax madagascariensis, Vinca* sp., *Canavalia obtusifolia)* ou même pas du tout *(Microrhynchus bellidifolius, Scævola Kœnigii, Ruellia monanthos, Vigna lutea, Dolichos axillaris).*

2) Cuticule toujours très mince sauf chez *Scævola Plumieri* où elle s'épaissit.

3) Stomates jamais complètement enfoncés. Les mieux protégés par un demi-enfoncement appartiennent aux espèces suivantes : *Vinca* sp., *Ipomæa Pes-capræ, Scævola Plumieri, Microrhynchus bellidifolius, Desmodium triflorum.* Les stomates de *Tribulus cistoides, Ionidium buxifolium et Ruellia monanthos* ne sont pas enfoncés.

4) Poils. Il n'y a jamais de tomentum épais et la plupart du temps les poils sont épars.

Lorsque les protections épidermiques sont très fortes, on peut les considérer comme des dispositions xérophiles. Il nous est impossible d'arriver à cette conclusion pour les plantes littorales que nous avons étudiées.

### II. *Carnosité.*

A peu près toutes les plantes qui nous intéressent ont des feuilles un peu épaisses.

Pourtant *Desmodium triflorum, Dolichos axillaris, Ionidium buxifolium* sont peu ou pas charnus.

Certaines *(Ipomæa Pes-capræ, Ipomea* sp., *Ruellia monanthos, Microrhynchus bellidifolius)* sont plus succulentes. Enfin le *Scævola Plumieri* et l'*Hydrophylax madagascariensis* se font remarquer par une très grande carnosité.

La nervure médiane ne fait pas saillie chez les espèces très charnues. Certaines espèces nullement charnues, portent, au contraire, une forte nervure *(Scævola Kœnigii,* etc.).

## *III. Structure générale.*

J'ai employé dans mes descriptions la terminologie proposée par Clements (1905).

D'après lui, quand les deux surfaces d'une feuille sont également éclairées, il apparaît une structure isolatérale.

Cette structure peut se faire soit par production de tissu palissadique dans tout le mésophylle (type staurophylle) soit par apparition d'un tissu homogène, à cellules arrondies, sans éléments palissadiques (type spongophylle). Enfin, il peut exister une structure isolatérale formée de deux séries d'éléments arrondis et palissadiques se répétant symétriquement de chaque côté de l'axe transversal du mésophylle (type diplophylle).

A peu près toutes les espèces ont une structure plutôt bifaciale.

La structure isolatérale diplophylle est rare *(Ipomæa Pes-capræ, Hydrophylax madagascariensis).* Elle est presque staurophylle chez *Tribulus cistoides,* et chez le *Scævola Plumieri* elle présente un type intermédiaire entre la structure staurophylle et la structure diplophylle.

## *IV. Méats.*

Le tissu palissadique en est toujours dépourvu. Quelquefois nuls *(Tribulus terrestris, Hydrophylax madagascariensis, Scævola Plumieri)* ou faibles *(Microrhynchus bellidifolius, Scævola Kœnigii)* ils sont souvent nets dans le mésophylle inférieur *(Ionidium buxifolium, Canavalia obtusifolia, Dolichos axillaris, Vigna lutea, Ruellia monanthos).*

## *V. Tissu palissadique.*

Souvent bien développé *(Hydrophylax madagascariensis, Scævola Plumieri, Ipomœa Pes-capræ)* il peut être aussi fort réduit *(Dolichos axillaris).*

## *VI. Tissu aquifère.*

Il est toujours bien représenté et avec des aspects très variés.

Les trachéides ne se trouvent que chez le *Scævola Plumieri.* Dans les espèces charnues *(Hydrophylax madagascariensis, Ipomæa*

*Pes-capræ, Scœvola Plumieri)* c'est le mésophylle médian qui devient aquifère. La nervure de certaines espèces à limbe réduit *(Scævola Kœnigii)* constitue un important tissu dont toutes les cellules se gorgent d'eau.

Il est rare de trouver des gaînes aquifères autour des faisceaux *(Ruellia monanthos, Microrhynchus bellidifolius).*

L'épiderme supérieur souvent volumineux, joue un rôle aquifère chez *Dolichos axillaris, Ionidium buxifolium, Ruellia monanthos, Canavalia obtusifolia.* Il est rare cependant qu'il se différencie en papilles *(Desmodium triflorum,* pétales d'*Hydrophylax madagascariensis).*

### VII. *Tissu de soutien.*

Il est en général insignifiant : fibres *(Desmodium triflorum),* sclérites *(Dolichos axillaris, Vigna lutea).*

En résumé, les plantes maritimes étudiées ci-dessus présentent, à peu près toutes, une certaine carnosité du limbe, un tissu aquifère en général bien développé, une structure souvent bifaciale et des protections épidermiques faibles ou nulles.

Par leur structure isolatérale, leur grande carnosité, leur absence de poils et la réduction de leurs méats, *Hydrophylax madagascariensis, Ipomæa Pes-capræ, Scœvola Plumieri,* méritent d'être classés à part.

## B. PÉTIOLE

Le pétiole est de très petite épaisseur chez le *Desmodium triflorum.* Chez le *Scævola Plumieri,* au contraire, il devient particulièrement charnu et entièrement aquifère. Il présente même un grand nombre de trachéides.

## C. TIGE

### I. *Protections épidermiques.*

La cuticule est souvent épaisse, souvent plus épaisse que dans la feuille *(Cassytha filiformis, Dolichos axillaris, Tribulus cistoides, Ionidium buxifolium, Desmodium triflorum, Scævola Kœnigii).*

Des formations subéro-phellodermiques apparaissent chez quelques espèces (*Hydrophylax madagascariensis, Ipomæa* sp., *Vinca* sp.) Le collenchyme est assez rare (*Ruellia monanthos, Tribulus cistoides*).

### *II. Carnosité.*

Moyennement fréquente, elle est le plus souvent due au développement considérable de la moelle (*Scævola Kœnigii, Microrhynchus bellidifolius, Cassytha filiformis, Tribulus cistoides*). Souvent, les formations médullaires sont peu intenses (*Ionidium buxifolium, Desmodium triflorum, Vinca* sp., *Ruellia monanthos*).

### *III. Caractères dus à la reptation.*

La vie rampante de la plupart des plantes de l'association à *Ipomæa Pes-capræ* se traduit, chez ces dernières, par des adaptations. Nos plantes rampantes présentent toutes un amincissement médian de la tige, un allongement des entre-nœuds et un développement de racines adventives au niveau des nœuds. La plupart ne montrent pas d'autres adaptations mais certaines (*Hydrophylax madagascariensis, Ipomæa* sp., *Desmodium triflorum* présentent dans leurs formations secondaires une réduction des fibres et, au contraire, une multiplication des vaisseaux dont le diamètre s'élargit.

Ces particularités que l'on retrouve chez certaines plantes rampantes de nos régions tempérées (1) s'accompagnent, en outre, quelquefois, de caractères qu'on observe dans les rhizomes. C'est ainsi qu'*Hydrophylax madagascariensis, Microrhynchus bellidifolius, Ipomæa* sp. présentent soit des formations subéro-phellodermiques, soit des protections collenchymateuses, et une réduction à peu près totale du stéréome fibreux (2).

## D. RACINE

Le centre de la racine se lignifie toujours très tôt.

---

(1) Voir Maige (1900).

(2) Voir les plantes rampantes à caractères de rhizome dans Maige (1900).

# V. CONCLUSIONS

**1**. Les plantes des sables littoraux de Madagascar sont caractérisées par l'absence presque complète de protections épidermiques, par une carnosité variable de la feuille et même de la tige, par une structure générale le plus souvent bifaciale et par un tissu aquifère bien développé. Il semble qu'on y puisse distinguer deux tendances entre lesquelles, pourtant, on trouve des termes de passage.

D'une part des plantes à structure isolatérale, charnues, glabres avec un tissu aquifère au centre de la feuille (*Scævola Plumieri*, *Hydrophylax madagascariensis*, *Ipomæa Pes-capræ*, etc.)

D'autre part des plantes à structure bifaciale, moins charnues, à poils épars et rares et à tissu aquifère excentrique (*Ruellia monanthos*, *Tribulus cistoides*, *Desmodium triflorum*, *Ionidium buxifolium*, *Dolichos axillaris*, etc.)

Les premières plantes présentent des caractères halophiles nets. Il faut mettre à part le *Scævola Plumieri* qui n'est pas sans présenter des affinités avec les plantes des déserts salés (cuticule épaisse, stomates protégés, carnosité considérable, structure isolatérale et serrée, trachéides, etc.) On voit que ce sont là des affinités avec des plantes qui, aux caractères que l'on est habitué de trouver chez les halophytes, surajoutent des dispositions xérophiles très nettes.

Par leur carnosité plus ou moins grande, par un tissu aquifère bien développé, par la faiblesse de leurs protections épidermiques, les psammophiles de cette association littorale malgache se rapprochent des plantes des sables dans les régions tempérées. Toutefois les premières s'en écartent par leur structure du limbe qui est fréquemment bifaciale. Ces espèces ne seraient pas sans présenter plus d'un point commun avec les plantes des galets et rochers maritimes, si leur carnosité, assez moyenne, somme toute, ne les en éloignait.

**2.** Les particularités d'adaptation que présentent les végétaux de l'association à *Ipomæa Pes-capræ* s'expliquent par l'intervention des facteurs œcologiques.

Croissant dans un sol perméable et salé, desséché par des vents violents qui activent la transpiration, ces plantes doivent pouvoir résister à la sécheresse : elles y parviennent en différenciant toute une variété de tissus aquifères. La lignification précoce de l'axe de la racine est également imputable à la sécheresse du sol.

Le développement du tissu palissadique dans la feuille est dû à une assimilation intense corrélative d'une forte luminosité qui se manifeste soit directement, soit par réflexion sur le sol sableux (1).

Quoique l'influence du sel soit toujours faible, c'est à cette cause qu'il faut rapporter la carnosité plus ou moins grande que présentent les échantillons étudiés.

Ajoutons que les tiges plagiotropes possèdent des adaptations qui les rapprochent des tiges rampantes de nos régions. Quelques espèces même, mieux adaptées, présentent certains caractères de rhizomes.

---

(1) La sécheresse et le sel ne sont pas étrangers à la production de ce tissu palissadique.

# BIBLIOGRAPHIE

1892 **Benecke**. — Die Nebenzellen der Spaltöffnungen (*Bot. Zeit.*)

1912 **R. Benoist**. — Recherches sur la structure et la classification des Acanthacées de la tribu des Barlériées (*Thèse Fac. Sc. Paris*).

1904 **H. Bœwig**. — The histology and development of *Cassytha filiformis* (*Contrib. from the Botan. Labor. of the Univ. of Pensylvania.* Philadelphia).

1909 **Borgesen**. — Notes on the shore vegetation of the Danish West Indian islands. (*Botan. Tidsskr.*, vol. 29, Copenhagen).

1898 **Borgesen** og **Ove Paulsen**. — Om Vegetationen paa de dansk-vestindiske Oeer. *Det. nordiske Forlag.* Kjöbenhavn 1898.

1900 — (traduction française in *Revue gén. de Botanique,* t. XII).

1884 **Chareyre**. — Nouvelles recherches sur les cystolithes (*Revue des Sc. nat.*, 3e Série, t. III, n° 4, Montpellier).

1892 **Ad. Chatin**. — Anatomie comparée des végétaux. Plantes parasites. 1 vol. et atlas, Paris.

1910 **H. Chermezon**. — Recherches anatomiques sur les plantes littorales. (*Ann. Sc. nat. Bot.*, 9e série, t. XII).

1913 **P. Choux**. — De l'influence de l'humidité et de la sécheresse sur la structure anatomique de deux plantes tropicales (*Rev. gén. Bot.*, XXV).

1905 **F. C. Clements**. — Research methods in Ecology.

1892 **Debold**. — Anatomische charakteristik der Phaseoleen. (*Diss. München und Offenburg).*

1896 **Frank**. — Die Krankheiten der Pflanzen. Breslau. 3 volumes.

1889 **Hackenberg**. — Beiträge zur Kenntniss einer assimilierenden schmarotzerpflanze *Cassytha americana*. (*Verhandl. d. naturhist. Vereins d. preuss. Rheinlande und Westfalen* V. 6, Bonn).

1908 **J. W. Harshberger**. — The comparative leaf structure of the sand dune plants of Bermuda. (*Proceed. Amer. Philos. Soc.*, vol. XLVII).

1909 — The comparative structure of the strand plants of New Jersey. (*Proceed. Amer. Philos. Soc.*, vol. XLVIII).

1881 **Hobein**. — Ueber den systematischen Werth der Cystolithen bei den Acanthaceen. (*Engler's Botan. Jahrb.*, t. V).

1907 **T. Holm**. — Ruellia and Dianthera (*The Botan. Gaz.*, May 1907).

1915 **A. Lacoste**. — Etude anatomique sur les Papilionacées de Madagascar (*Thèse Fac. Sc. Paris*).

1900 **A. Maige**. — Recherches biologiques sur les plantes rampantes. (*Ann. Sc. Nat. Bot.*, 8e série, t. XI).

1905 **M. Mirande.** — Recherches sur le développement et l'anatomie des Cassythacées *(Ann. Sc. Nat. Bot.,* 9ᵉ série).

1900 **M. Molliard.** — Sur quelques caractères histologiques des cécidies produites par l'*Heterodera radicicola (Rev. gén. Bot.,* XII).

1900 **E. Pantanelli.** — Anatomia fisiologica delle Zygophyllaceæ. *(Atti della Soc. dei Natur. e Matemat. di Modena,* Ser. IV, vol. II, ann. XXXIII).

1877 **V. A. Poulsen.** — Om Cassytha og dens Haustorium. *(Vidensk. Meddel. fra den naturhist. Forenig i Kjöbenhavn).*

1891 **A. F. W. Schimper.** — Die indomalayische Strandflora. *(Bot. Mittheil. aus d. Tropen.,* t. III, Iena).

1898 — Pflanzen geographie auf physiologischer Grundlage. Iena.

1902 **Schmidt.** — Zur anatomie von *Cassytha filiformis. (Osterreiche Botan. Zeitschrift).*

1893 **H. Solereder.** — Ein Beitrag zur anatomischen Charakteristik und zur Systematik der Rubiaceen. *(Bull. de l'Herb. Boissier,* I).

1899 — Systematische anatomie der Dicotyledonen. Stuttgart.

1908 — Ergänzungsband. Stuttgart.

1885 **J. Vesque.** — Caractères des principales familles gamopétales tirés de l'anatomie de la feuille *(Ann. Sc. Nat. Bot.,* 7ᵉ série, t. I).

1914 **R. Viguier.** — Géographie botanique de Madagascar. *(L'Agriculture pratique des pays chauds ;* avril et mai).

1918 **R. Viguier** et **H. Humbert**. Le *Cassytha filiformis (Bull. Soc. philom. Paris).*

1887 **Volkens.** — Flora der ægyptisch-arabischen Wüste auf Grundlage anatomisch-physiologischer Forschungen, Berlin.

1897 **E. Warming.** — Halofyt-Studier. *Det Kgl. Danske Vidensk. Selsk. Skr.* Afd. VIII, 4. Kjöbenhavn.

1909 — Œcology of plants. Oxford.

## EXPLICATION DE LA PLANCHE 1

*Plages littorales à l'est de Tamatave.*

Fig. I. — A gauche : forêt à *Barringtonia* avec sous-bois de *Scævola.* — Entre cette forêt et la mer : association psammophile à *Ipomæa Pes-capræ.*

Fig. II. — Monticule sableux fixé par *Scævola Plumieri.*

Fig. III. — Monticule sableux fixé par *Hydrophylax madagascariensis.*

Fig. IV. — Plage à *Ipomæa Pes-capræ.*

# VARIATION
# DES SUBSTANCES HYDROCARBONÉES
# DANS LES FEUILLES

par **M. Émile MICHEL-DURAND**

*(suite)*

A partir de ce moment les organes foliaires considérés se comporteraient donc comme les feuilles des rameaux décortiqués. Tout se passe en effet comme si ces organes subissaient, à la base de leur pétiole, une décortication naturelle. La suppression ou la mort du parenchyme cortical et du liber entraînent des conséquences physiologiques identiques au point de vue de la circulation de la sève, c'est-à-dire l'arrêt de la circulation centripète.

## CONCLUSIONS

On a vu que Wehmer attribuait la diminution de certaines substances dans les feuilles en plein stade de dépérissement, à l'entrainement par les agents atmosphériques. Pour Stahl, au contraire, cette même diminution serait due au phénomène d'émigration qui serait possible jusqu'au moment où la feuille se détache de l'arbre.

Raoul Combes, devant l'insuffisance des faits, ne se prononce pas entre deux opinions aussi opposées et se contente de faire remarquer qu'avant leur chute, les feuilles ont les cribles du liber obturés par des cals, les vaisseaux du bois envahis par des thylles. Dans ces conditions la circulation et par suite l'émigration doit être considérablement ralentie sinon complètement arrêtée.

Pendant la première quinzaine de septembre, j'ai montré qu'en dehors de la présence de quelques thylles dans le bois, de cals peu nombreux dans le liber, rien ne s'oppose, anatomiquement au moins, à la diffusion de la sève élaborée à travers le liber et la partie restée intacte du parenchyme. Chez le *Fagus* ces conditions anatomiques persistent même jusqu'au moment de la chute et si réellement il y arrêt de la migration avant cette époque, comme semble l'établir l'analyse, l'explication du fait devra être cherchée en dehors de l'anatomie du pétiole.

Chez le *Betula* et l'*Ampelopsis* au contraire, si l'émigration est possible dès les premiers stades du dépérissement des feuilles, dès la fin de septembre, elle doit être très affaiblie. A travers le parenchyme cortical, elle n'est possible qu'à la condition de traverser une épaisse couche de liège ; dans le liber elle doit diffuser à travers les parois cellulosiques des tubes criblés ; quelque temps avant la chute de la feuille, dans les organes qui jaunissent, les conditions de circulation sont bien plus mauvaises encore. La sève élaborée rencontre alors devant elle, dans le parenchyme, plusieurs assises de cellules fortement subérisées, dans les faisceaux un tissu analogue mais encore plus dense.

Il est donc vraisemblable d'admettre qu'au début de la décoloration des feuilles, l'émigration (entendue comme nous l'avons définie plus haut, c'est-à-dire la persistance du courant centripète de sève élaborée) se continue encore pendant quelque temps comme paraissent le prouver :

1° le développement incomplet du système séparateur à cette époque ;

2° la diminution de la totalité des hydrates de carbone, mise en évidence par l'analyse ;

3° l'abondance des matières de réserve au-dessous de l'assise séparatrice et la pénurie de ces mêmes substances au-dessus, dans le pétiole.

Mais par suite des modifications continues qui se produisent dans la suite :

1° développement du système séparateur ;

2° ralentissement de la circulation centrifuge causé par les thylles, l'émigration va s'atténuant de plus en plus si bien qu'une quinzaine de jours avant la défoliation elle a dû s'arrêter complètement comme semblent l'établir ;

*a.* — la parfaite continuité du système séparateur à travers les faisceaux libéro-ligneux, constatée chez l'*Ampelopsis* et le *Betula* ;

*b*. — la présence de quantités notables de composés hydrocarbonés de réserve dans les feuilles tombées et l'accumulation de sucres réducteurs dans les feuilles jaunes;

*c*. — enfin et surtout l'analogie complète : d'une part, entre les feuilles d'*Ampelopsis* qui commencent à rougir et les feuilles de ce même arbuste portées par des rameaux décortiqués des expériences de R. Combes ; d'autre part entre les feuilles détachées du rameau qui ont servi aux expériences de Deleano sur la respiration.

En outre les feuilles de *Fagus* à assise séparatrice interrompue, dont les faisceaux libériens restent presque intacts jusqu'au moment de la chute de la feuille et qui cependant se comportent de la même façon que celles d'*Ampelopsis* et de *Betula* à système séparateur continu, font pressentir qu'il existe certainement d'autres causes d'interruption du courant de sève élaborée que les seules causes anatomiques invoquées ici.

Elles devront être cherchées dans les nouvelles conditions de milieu dans lesquelles le végétal se trouve placé vers la fin de l'automne, et en particulier dans la réduction progressive des échanges osmotiques.

Dans le cas d'un système séparateur incomplet ou en l'absence de toute formation subéreuse, ces influences peuvent suffire à expliquer l'arrêt de l'émigration.

# DEUXIÈME PARTIE

## FEUILLES PERSISTANTES

Les analyses ont porté sur deux sortes de feuilles :

1° sur des feuilles de *Prunus Laurocerasus*
2° — d'*Hedera Helix*

## CHAPITRE PREMIER

### 1. LAURIER-CERISE

Le Laurier-cerise est un arbrisseau caractérisé, au point de vue considéré ici, par une chute de feuilles au printemps; en automne, quelques feuilles, parmi les plus âgées, jaunissent, se détachent une à une, mais jamais en masse.

Les lots de feuilles analysées ont été prélevés dans le cours d'une année, cueillis au milieu de la journée et du même côté de l'arbre. Les feuilles ont été choisies aussi identiques que possible, tant au point de vue des dimensions que de la coloration du limbe. Ce dernier caractère a son importance, car il dépend surtout de l'âge de l'organe considéré. Cependant, d'après Leclerc du Sablon, ce dernier facteur n'aurait qu'une influence médiocre sur la composition des feuilles.

Les récoltes ont été effectuées dans les conditions suivantes :

*Récolte du 6 Août.* — Les grappes de fruits commencent à faire leur apparition.

*Récolte du 2 Septembre.* — Les fruits sont en pleine maturité. Les feuilles de cette récolte et de la précédente étaient un peu plus petites que celles des récoltes suivantes.

*Récolte du 7 Décembre.* — Depuis quelques jours la température oscillait autour de + 5° C.

*Récolte du 16 Janvier.* — Dès le 11 janvier la température s'est toujours maintenue au-dessous de 0°. Le thermomètre est descendu à — 11° C dans la nuit qui a précédé la récolte. Les manipulations ont été effectuées à la température de — 4° C.

*Récolte du 7 Mars.* — Depuis une dizaine de jours la température oscillait autour de + 10° ; le jour de la récolte elle était de + 11° C. Apparition des premiers bourgeons sur les rameaux.

*Récolte du 7 Avril.* — Les jeunes feuilles continuent leur évolution ; à signaler la présence de grappes de fleurs non encore écloses.

*Récolte du 2 Juin.* — Les jeunes feuilles ont atteint leur taille définitive ; les grappes de fruits commencent à faire leur apparition.

*Récolte du 16 Juillet.* — Les fruits sont bien développés mais non encore mûrs.

Les résultats des analyses portant sur les substances sucrées et résumés dans les tableaux qui suivent, ont été rapportés :

1° à 100 feuilles (tableau V)

2° à 100 gr. de substance sèche (tableau V *bis*)

## TABLEAU V

## FEUILLES DE *LAURIER-CERISE*

### RÉSULTATS DES ANALYSES, EN GRAMMES, RAPPORTÉS A 100 FEUILLES

| DATES DES RÉCOLTES | SUCRES SOLUBLES DANS L'ALCOOL | | | SUCRES SOLUBLES DANS L'EAU | TOTAL DES SUCRES SOLUBLES | Glucosides | POLYSACCHARIDES INSOLUBLES | | | | TOTAL DES SUCRES INSOLUBLES | TOTAL DES SUCRES SOLUBLES et INSOLUB | POIDS SEC DE 100 F$^{\text{les}}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | RÉDUCTEURS | Nom Réduct. | Glucosides dedoublables par l'émulsine Prulaurasine | DEXTRINES | | | AMIDON | AMYLOIDES | HÉMICELLULOSES | Celluloses facilement hydrolysables | | | |
| 6 Août | 2, 200 | 0, 848 | 3, 260 | 0, 470 | 6,778 | 13,034 | 1, 026 | 3, 184 | 0, 860 | 0, 645 | 5, 715 | 25, 527 | 80, 238 |
| 2 Sept$^{\text{bre}}$ | 2, 000 | 0, 892 | 3, 800 | 0, 282 | 6,974 | 12,424 | 0, 986 | 3, 310 | 0, 826 | 0, 720 | 5, 842 | 25, 240 | 82, 722 |
| 7 Déc$^{\text{bre}}$ | 2, 920 | 1, 476 | 4, 360 | 0, 940 | 9,696 | 17,346 | 1, 000 | 3, 644 | 0, 936 | 0, 840 | 6, 420 | 33, 462 | 101,408 |
| 16 Jan$^{\text{vier}}$ | 4, 120 | 1, 576 | 4, 900 | 0, 760 | 11,356 | 15,400 | 0, 890 | 3, 640 | 0, 954 | 1, 000 | 6, 484 | 33, 240 | 112,288 |
| 7 Mars | 3, 940 | 1, 412 | 4, 290 | 0, 620 | 10,262 | 16,536 | 2, 120 | 4, 220 | 0, 954 | 0, 900 | 8, 860 | 34, 884 | 119,368 |
| 7 Avril | 3, 560 | 1, 312 | 4, 900 | 0, 624 | 10,396 | 20,300 | 3, 260 | 5, 342 | 1, 000 | 0, 760 | 10, 362 | 41, 058 | 127,394 |
| 2 Juin | 2, 620 | 0, 812 | 4, 338 | 0, 562 | 8,332 | 22,910 | 3, 028 | 5, 496 | 0, 974 | 0, 910 | 10, 408 | 41, 650 | 129,580 |
| 16 Juillet | 3, 160 | 0, 700 | 4, 000 | 0, 624 | 8,484 | 17,000 | 1, 872 | 4, 076 | 0, 892 | 0, 790 | 7, 630 | 33, 114 | 109,912 |

## TABLEAU V *bis*

## FEUILLES DE *LAURIER-CERISE*

| DATES DES RÉCOLTES | SUCRES SOLUBLES DANS L'ALCOOL | | | SUCRES SOLUBLES DANS L'EAU | TOTAL DES SUCRES SOLUBLES | GLUCOSIDES | POLYSACCHARIDES INSOLUBLES | | | | TOTAL DES SUCRES INSOLUB. | TOTAL DES SUCRES SOLUBLES ET INSOL. | RAPPORT DU POIDS SEC AU POIDS FRAIS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | RÉDUCTEURS | Non Réduct. | Glucosides dédoublables par l'émulsine Prulaurasine | DEXTRINES | | | AMIDON | AMYLOÏDES | HÉMICELLULOSES | Celluloses facilement hydrolysables | | | |
| I. — RÉSULTATS DES ANALYSES, EN GRAMMES, RAPPORTÉS A 100 GR. DE SUBSTANCE SÈCHE | | | | | | | | | | | | | |
| 6 Août | 2, 742 | 1, 060 | 4, 075 | 0, 600 | 8, 477 | 16,252 | 1, 282 | 3, 980 | 1, 075 | 0, 806 | 7, 143 | 31, 872 | 0, 355 |
| 2 Sept^bre | 2, 418 | 1, 078 | 4, 595 | 0, 341 | 8, 432 | 15,023 | 1. 192 | 4, 002 | 1, 000 | 0, 871 | 7, 065 | 30, 520 | 0, 368 |
| 7 Déc^bre | 2, 800 | 1, 456 | 4, 300 | 0, 927 | 9, 483 | 17,106 | 0, 986 | 3, 600 | 0, 923 | 0, 828 | 6, 337 | 32, 926 | 0, 380 |
| 16 Jan^vier | 3, 670 | 1, 403 | 4, 375 | 0, 679 | 10,127 | 13,713 | 0, 800 | 3, 250 | 0, 852 | 0, 875 | 5, 777 | 29, 617 | 0, 425 |
| 7 Mars | 3, 300 | 1, 184 | 3, 608 | 0, 521 | 8, 613 | 13,900 | 1, 690 | 3, 546 | 0, 802 | 0, 756 | 6, 794 | 29, 307 | 0, 426 |
| 7 Avril | 2, 800 | 1, 030 | 3, 800 | 0, 500 | 8, 130 | 15,934 | 2, 567 | 4, 193 | 0, 788 | 0, 600 | 8, 148 | 32, 212 | 0, 467 |
| 2 Juin | 2, 183 | 0, 625 | 3, 337 | 0, 433 | 6, 578 | 17,677 | 2, 330 | 4, 228 | 0, 750 | 0, 700 | 0, 008 | 32, 263 | 0, 455 |
| 16 Juillet | 2, 873 | 0, 636 | 3, 636 | 0, 567 | 7, 712 | 15,454 | 1, 700 | 3, 705 | 0, 811 | 0, 718 | 6, 934 | 30, 100 | 0, 396 |
| II. — A. RÉCOLTES DU 16 JANVIER. RÉSULTATS DES ANALYSES RAPPORTÉS A 100 FEUILLES | | | | | | | | | | | | | |
| Feuilles à — 4° pptées directem. dans l'alcool bouillant. | 4, 120 | 1, 576 | 4, 900 | 0, 760 | 11,356 | 15,400 | 0, 890 | 3, 640 | 0, 954 | 1, 000 | 6, 484 | 33, 240 | 121,288 |
| Feuilles à — 4° pptées dans l'alcool après un séjour de 20^h à 25°. | 2, 760 | 1, 080 | 3, 566 | 0, 686 | 8,092 | 19,314 | 1, 000 | 3, 182 | 0, 848 | 0, 840 | 5, 870 | 33, 276 | 112,986 |
| B. RÉSULTATS DES ANALYSES RAPPORTÉS A 100 GRAMMES DE SUBSTANCE SÈCHE | | | | | | | | | | | | | |
| F^lles à - 4° | 3, 670 | 1, 403 | 4, 375 | 0, 679 | 1,1 27 | 13,700 | 0, 800 | 3, 25 | 0, 852 | 0, 875 | 5, 777 | 29, 604 | 0, 425 |
| F^lles à 25° | 2, 262 | 0, 885 | 2, 923 | 0, 562 | 6, 632 | 15,800 | 0, 820 | 2, 68 | 0, 700 | 0, 700 | 4, 828 | 27, 260 | 0, 493 |

## TABLEAU VI

### FEUILLES DE *LAURIER-CERISE*

| A. Résultats des analyses, en grammes, rapportés à 100 feuilles | | | | | | B. Résultats des analyses, en gr., rapportés à 100gr de substance sèche | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Poids sec de 100 feuilles | Poids sec des résidus avant le traitement sulfurique | Substances dissoutes à la suite des traitements précédents | Poids sec des résidus après les traitements sulfuriques | Substances solubilisées par les traitements sulfuriques | DATES DES RÉCOLTES | Poids sec des résidus avant le traitement sulfurique | Substances dissoutes à la suite des traitements précédents | Poids sec des résidus après les traitements sulfuriques | Substances solubilisées par les traitements sulfuriques | Celluloses hydrolysables contenues dans 100gr. de résidu avant le traitement sulfurique |
| 80, 238 | 34, 380 | 45, 958 | 20, 464 | 13, 816 | 6 Août | 42, 722 | 57, 278 | 25, 500 | 17, 222 | 40, 300 |
| 82, 722 | 36, 072 | 46, 650 | 21, 360 | 14, 712 | 2 Septembre | 43, 607 | 56, 393 | 25, 828 | 18, 779 | 43, 000 |
| 101, 408 | 41, 920 | 59, 488 | 25, 274 | 16, 646 | 7 Décembre | 41, 337 | 58, 663 | 24, 925 | 16, 412 | 40, 000 |
| 112, 288 | 42, 000 | 70, 288 | 26, 284 | 15, 716 | 16 Janvier | 37, 400 | 62, 600 | 23, 405 | 13, 995 | 37, 400 |
| 119, 368 | 48, 000 | 71, 368 | 29, 166 | 18, 834 | 7 Mars | 40, 201 | 59, 799 | 24, 430 | 15, 771 | 39. 000 |
| 127, 394 | 43, 040 | 84, 354 | 25, 250 | 17, 790 | 7 Avril | 33, 800 | 66, 200 | 19, 819 | 13, 981 | 41, 300 |
| 129, 580 | 50, 240 | 79, 340 | 28, 760 | 21, 480 | 2 Juin | 38, 700 | 61, 300 | 22, 190 | 16, 510 | 42, 600 |
| 109, 912 | 46, 764 | 63, 148 | 24, 000 | 22, 764 | 16 Juillet | 42, 600 | 57, 400 | 22, 000 | 20, 600 | 48, 300 |
| 112, 288 | 42, 000 | 70, 288 | 26, 284 | 15, 716 | 16 Janvier<br>Feuilles à — 4° | | | | | |
| 121, 986 | 40, 460 | 81, 526 | 23, 234 | 17, 226 | Feuilles à 25° | | | | | |

Les coupures effectuées dans la série hydrocarbonée sont celles que j'ai déjà mentionnées plus haut dans l'étude des feuilles caduques. Toutefois, les feuilles de Laurier-cerise renfermant des proportions appréciables d'un glucoside bien connu, la prulaurasine, dédoublable par l'émulsine, j'ai dosé séparément les sucres provenant du dédoublement de ce composé glucosé.

Dans un dernier tableau, j'ai résumé les résultats donnés par la considération des poids secs, ceux-ci ayant été pris :

1° immédiatement après les traitements alcooliques et aqueux, avant les traitements sulfuriques; la dessiccation a été effectuée à 105° — 110°. Par différence avec le poids sec primitif on déduit la masse des substances solubilisées par les traitements précédents ;

2° après les traitements sulfuriques. La différence avec le deuxième poids sec donne la masse des composés solubilisés par l'acide sulfurique.

La dernière colonne à droite du tableau donne la proportion de substances solubles dans l'acide, contenue dans 100 gr. de résidu provenant des épuisements alcoolique et aqueux.

De l'examen du Tableau V, on peut conclure que :

1° Les sucres réducteurs contenus dans les feuilles augmentent régulièrement de septembre, époque de la maturité des fruits, jusqu'en mars où apparaissent les premiers bourgeons ; il se produit ensuite une diminution de ces sucres jusqu'au début de l'été pendant toute la durée du développement de la poussée de printemps. Une accumulation rapide de ces monosaccharides se produit en juillet jusqu'au moment de l'apparition des fruits ; elle est suivie d'une diminution importante de ces mêmes principes jusqu'au début de l'automne. Il en résulte que la courbe de variation des monosaccharides dans les feuilles étudiées passe par un premier maximum à la fin de l'hiver, par un deuxième maximum plus faible que le premier au milieu de l'été, suivis d'un premier minimum au début de l'automne et d'un deuxième minimum vers la fin du printemps.

Ces particularités sont faciles à expliquer.

Les monosaccharides, en effet, étant considérés comme le résultat immédiat de la synthèse chlorophyllienne et la forme de migration des principes hydrocarbonés, le minimum de septembre coïncidant avec la maturité des fruits, il y a donc pendant toute la période qui précède un appel continu de sucres de la part des rameaux fructifères, et accumulation de ces principes dans le péricarpe charnu des fruits. La consommation des sucres simples l'emporte sur la production et il en résulte un appauvrissement du parenchyme foliaire en ces substances. Une autre cause de déperdition de monosaccharides dans les feuilles, en dehors des combustions respiratoires de ces organes, réside peut-être aussi dans la condensation des sucres solubles et leur mise en réserve dans la tige et les racines de la plante, fait établi par Leclerc du Sablon. A ce point de vue, l'étude des feuilles de Lierre à la même époque, permettra de se faire une idée de la part qui revient à ces deux phénomènes, le Lierre rampant ne présentant jamais d'appareil fructifère. Dès que les fruits sont mûrs, les réserves de la tige et des racines étant édifiées, le courant de migration va donc se trouver ralenti, et réduit au minimum nécessaire à l'entretien de la vie des différents tissus des organes végétaux. Or ceux-ci entrent précisément dans une période de vie latente qui se manifeste en particulier par une assimilation carbonée fort réduite et une respiration plus faible encore. On sait en effet que les basses températures diminuent plus énergiquement l'intensité respiratoire que celle de l'assimilation chlorophyllienne. Dans ces conditions, la production des sucres par les feuilles l'emporte sur la consommation, les échanges osmotiques sont rendus difficiles par suite des conditions intrinsèques et extrinsèques, comme je l'établirai plus loin, et il en résulte une accumulation de sucres simples dans les organes foliaires pendant tout l'hiver, accumulation intéressant toute la série des sucres solubles. Cette concentration élevée du suc cellulaire dans les tissus des feuilles d'hiver est aussi en relation avec les basses températures que supportent ces organes en cette saison. Le froid paraît paralyser l'action des diastases condensantes et faciliter l'hydrolyse des polysaccharides de réserve existant déjà dans les tissus, ou, si l'on veut, déplace les équilibres fermentaires dans le sens des composés à petite molécule. Le chloroforme exerce, sur les tissus végétaux, une influence analogue (1). Au printemps, le développement des jeunes organes, feuilles et rameaux, entraîne une importante consommation des réserves ; les feuilles, tout en effectuant la synthèse de nouveaux sucres, s'épuisent peu à peu en sucres solubles. L'élévation de température et, en règle générale, les conditions favorables de végétation, entraînent l'influence prépondérante des diastases de condensation sur les diastases d'hydrolyse, d'où le minimum du début de l'été.

---

(1) Butkewitch. *Zur Frage der Unwandlung der Stärke in den Pflanzen und über den Nachweiss der amylolytischen Enzym.* Bioch. Zeitschr., X, pp. 314-344, 1908.

2° Les sucres non réducteurs, à base de lévulose, paraissent subir des variations beaucoup plus simples que les précédents. Ils atteignent leur maximum à la fin de l'hiver et leur minimum au milieu de l'été (fin juillet), au moment où la synthèse chlorophyllienne est la plus active. Si l'on considère que ces sucres et en particulier le saccharose, représentent le premier stade de condensation des monosaccharides et par suite la forme de réserve la plus simple des substances hydrocarbonées, il est logique, d'après ce qui a été dit plus haut, qu'il en soit ainsi ; mais, dans ce cas, il faut admettre que le froid serait sans action sur le saccharose en réserve dans les feuilles.

3° La prulaurasine, et d'une façon générale les glucosides dédoublables par l'émulsine, ne subissent que de faibles variations dans le cours de la végétation ; à signaler cependant un léger maximum de ce composé en hiver, qui s'expliquerait par la saturation au moyen du glucose de l'acide cyanhydrique provenant soit d'une utilisation défectueuse par les cellules végétales des albuminoïdes de réserve, soit plutôt d'une synthèse protéique faible, déjà admise pour les substances ternaires.

4° Les dextrines ne présentent en cours d'année que des variations insignifiantes ; cependant ces polysaccharides solubles sembleraient suivre une loi de variation identique à celle du saccharose.

Ces sucres devant être considérés comme des déchets d'hydrolyse des polysaccharides complexes, leur maximum en hiver semblerait indiquer une simplification moléculaire importante des réserves amylacées à cette époque sous l'influence du froid.

5° Si l'on considère la totalité des sucres solubles, on observe un maximum très net en janvier-mars, suivi d'une diminution progressive jusqu'en septembre, époque de la maturité des fruits ; ces sucres sont, à ce moment-là, au minimum, puis la courbe ne cesse de s'élever jusqu'au maximum d'hiver.

6° Les glucosides paraissent exister en quantité sensiblement constante pendant tout l'hiver, de décembre à mars ; leur masse augmente ensuite rapidement pendant toute la belle saison jusqu'en juin, époque de l'apparition des fruits ; la proportion de ces substances diminue ensuite pour atteindre son minimum à la maturité des organes reproducteurs. On a vu que les réactions des produits d'hydrolyse de ces principes carbonés avec l'orcine chlorhydrique et la phénylhydrazine, indiquaient la prédominance des pentoses. Or les pentosanes, gommes, mucilages, matières pectiques, abondent généralement dans les fruits charnus ; vraisemblablement au moment de la maturation de ces derniers, ces composés hydrocarbonés émigreraient de la feuille vers le péricarpe des organes reproducteurs.

7° La loi de variation de l'amidon est exactement l'inverse de celle des monosaccharides et peut se résumer ainsi : minimum en janvier, maximum en juin. Le minimum de janvier confirme ce que l'on sait déjà quant à l'effet des basses températures sur les réserves amylacées des organes végétaux. Les feuilles de cette récolte ont supporté pendant plusieurs jours une température voisine de — 10° ; on trouvera plus loin la composition chimique de feuilles de la même espèce, récoltées au même moment, mais conservées pendant une journée à l'étuve à 25°. Cependant il est bon de remarquer que ce minimum n'est pas très accusé. Pendant tout l'intervalle, janvier-juin, la quantité d'amidon va croissant, et atteint son maximum à peu près au même moment où les sucres réducteurs passent par leur minimum. Il y a là une coïncidence frappante qui explique dans une certaine mesure l'existence de la faible proportion de monosaccharides et de disaccharides contenue dans les feuilles à ce moment où les conditions de végétation sont si favorables à la synthèse chlorophyllienne ; c'est pourquoi il y a prédominance de l'influence des diastases de synthèse sur les ferments d'hydrolyse et accumulation d'amidon.

Le phénomène inverse a lieu en automne et en hiver où ne s'exercerait plus qu'une synthèse faible qui s'arrêterait aux stades monosaccharides et tout au plus disaccharides, d'où accumulation de ces derniers pendant la saison froide dans les feuilles persistantes. C'est précisément à l'époque de la poussée des jeunes feuilles et des jeunes rameaux que les feuilles coriaces s'enrichissent en amidon ;

il semblerait donc que la nouvelle poussée s'effectue surtout aux dépens des réserves de la tige et des racines.

8° Les amyloïdes, hémicelluloses, celluloses facilement hydrolysables, varient sensiblement comme l'amidon, avec cette différence, toutefois, que le minimum de janvier, caractéristique de l'amidon, n'intéresse pas les polysaccharides plus condensés ; ces derniers augmentent graduellement de mars à juin, diminuent de juin à septembre et augmentent ensuite légèrement en hiver. Cette diminution rapide des polysaccharides de réserve de la feuille au milieu de la belle saison et jusqu'en automne est à noter. C'est au moment où les conditions de végétation sont les plus favorables (au moins dans la région parisienne) que la feuille s'appauvrit en principes sucrés ; c'est la conséquence même de l'activité fonctionnelle de l'organe foliacé.

La feuille, en effet, suivant l'expression de Leclerc du Sablon « est le laboratoire » où s'effectuent les synthèses les plus complexes et les plus variées, mais les substances qui y ont pris naissance ne peuvent s'y accumuler ; elles sont entraînées au fur et à mesure de leur production, dans les organes de réserve, fonction que possèdent à un degré élevé, la tige et surtout la racine. L'édification des réserves d'une part, la maturation des fruits d'autre part, doivent donc contribuer dans une large mesure à l'appauvrissement des feuilles en principes sucrés.

Ce qui a été dit pour les polysaccharides insolubles peut se répéter pour la totalité des sucres. A remarquer toutefois que la teneur totale en principes hydrocarbonés est sensiblement constante dans les feuilles de juillet à mars.

*En résumé*, les feuilles persistantes de Laurier-cerise présentent un maximum très net de sucres réducteurs et en général de sucres solubles pendant les basses températures d'hiver, correspondant à un minimum en polysaccharides complexes, glucosides et amidon et une teneur sensiblement constante en principes hydrocarbonés au total depuis le milieu de l'été jusqu'au printemps. Pendant toute la belle saison, de mars à juillet, les feuilles s'enrichissent en sucres, principalement en polysaccharides de réserve, pentosanes ou hexosanes, les organes végétaux de nouvelle formation paraissant se développer surtout aux dépens des réserves accumulées dans la tige et les racines. Puis, au début de l'été jusqu'à la fin de l'automne, il y a migration rapide des sucres insolubles, d'une part vers les rameaux à fruit, d'autre part vers les parties plus vivaces de la plante, tige, rameaux et racines, pour y reconstituer les réserves.

Il en résulte que l'analyse chimique ne peut être utilisée avec certitude pour avoir une idée même approximative de l'intensité de l'assimilation chlorophyllienne. La feuille, en effet, est le siège de deux phénomènes contraires dont les lois de variations peuvent être influencées très différemment par les mêmes causes internes ou externes ; d'une part la synthèse chlorophyllienne qui tendrait à saturer le parenchyme foliaire en principes hydrocarbonés ; d'autre part la migration de ces mêmes composés qui tend à les entraîner ailleurs ; la composition chimique de la feuille n'est donc que la résultante de ces deux phénomènes, de sorte que « l'époque où l'assimilation est la plus intense, n'est pas forcément celle où il y a le plus de réserve dans la feuille. (1) »

Les résultats des analyses rapportées à 100 gr. de substance sèche nous amèneraient aux mêmes conclusions.

## CHAPITRE III

### I. FEUILLES DE LIERRE

Toutes les feuilles ont été prélevées à Paris dans un massif de Lierre rampant du Bois de Boulogne et végétant à l'ombre des arbres. Elles étaient de deux sortes :

1° des feuilles de l'année d'un vert tendre, à pétiole de même couleur que le limbe ;

2° des feuilles coriaces de l'année précédente reconnaissables à leur teinte plus foncée, à leurs nervures claires se détachant nettement sur le fond sombre du limbe, à leur pétiole presque noir.

La distinction que je viens d'établir entre ces deux sortes de feuilles, n'est possible que jusqu'en janvier, époque à laquelle l'aspect extérieur ne permet plus de discerner les feuilles des deux générations.

---

(1) Leclerc du Sablon. *Recherches physiologiques sur les matières de reserve des arbres.* (Rev. gén. Bot. ; T XVI, p. 368).

Les feuilles ont été choisies aussi identiques que possible au point de vue des dimensions du limbe ; les pétioles, de longueur très variable, ont été enlevés.

Les récoltes ont été effectuées au milieu de la journée et dans les conditions suivantes :

1° Jusqu'aux récoltes du 4 décembre inclusivement, la température extérieure ne s'est jamais abaissée au-dessous de + 6°.

2° *Récoltes du 31 Décembre.* — Depuis les dernières récoltes la température s'est abaissée : $0^\circ < t < +5^\circ$.

La neige, tombée le 28 décembre, couvrait depuis quelques jours le massif de Lierre. Au moment de la récolte, les feuilles étaient presqu'entièrement recouvertes de neige glacée, les pétioles étaient cassants comme du verre et par suite entièrement gelés ; un grand nombre de feuilles portaient sur leur limbe de larges plaques brunes.

3° *Récolte du 31 Janvier.* — Forte gelée pendant la nuit qui a précédé la récolte ; les feuilles étaient recouvertes d'une épaisse gelée blanche. Du 12 au 25 janvier le thermomètre s'est constamment maintenu au-dessous de 0° et est descendu jusqu'à — 8°. A partir du 25 janvier, la température a oscillé autour de 0° — + 5°.

4° *Récolte du 4 Mars.* — Temps doux et pluvieux. + 10° à 8 heures du matin. Chute des vieilles feuilles de Lierre ; apparition des nouvelles pousses.

5° *Récolte du 19 Avril.* — Depuis une dizaine de jours, température d'été, nuits fraîches, clair soleil. Les nouvelles feuilles se développent rapidement.

*(A suivre)*

# NOTES BIBLIOGRAPHIQUES

MOTTIER. — **Chondriosomes and the primordia of chloroplasts and leucoplasts.** *Annals of Botany,* T. XXXII, 1918.

On sait que pour Pensa, Lewitsky, Guilliermond, Forenbacher et Maximow, les plastides résultent d'une différenciation des mitochondries. Au contraire d'autres auteurs, tels que A. Meyer, Rudolph, Scherrer et Sapehin, admettent que les mitochondries et les plastides sont des formations absolument distinctes.

L'auteur se rallie à cette seconde opinion. Dans le méristème de la racine d'une plantule de Pois, Mottier observe dans les cellules les plus jeunes de nombreuses mitochondries sous forme de grains et de courts bâtonnets et des filaments tout à fait semblables à des chondriocontes, mais se distinguant des autres éléments du chondriome par une épaisseur un peu plus grande. Dans les régions plus âgées de ce meristème, ces derniers éléments augmentent de dimensions et forment sur un point de leur trajet des grains d'amidon ; au contraire les mitochondries granuleuses conservent leur aspect primitif. L'auteur admet donc que les plastides et les mitochondries sont des formations indépendantes. Les plastides présentent seulement dans les cellules très jeunes l'aspect de mitochondries qui fait qu'on les a confondus avec ces organites, mais en réalité les jeunes plastides ou *primordias des plastides* n'ont aucune relation avec les mitochondries.

L'auteur retrouve la même distinction dans les méristèmes de la racine ou de la tige de divers Phanérogames *(Zea Mays, Elodea canadensis, Pinus Banksiana).*

L'étude des Muscinées précise cette distinction entre les primordias des plastides et les mitochondries. Dans les *Marchantia,* Mottier retrouve dans le point végétatif du thalle de jeunes chloroplastes nettement distincts des mitochondries. Ces chloroplastes se retrouvent dans toutes les cellules sauf dans celles du tissu spermogène qui ne contiennent que des mitochondries.

L'auteur vérifie dans *Anthoceros lævis* les résultats de Scherrer et Sapehin. Dnns cette plante où il n'existe qu'un seul chloroplaste par cellule, on retrouve ce chloroplaste dans toutes les cellules où il se transmet par division. On le trouve notamment dans l'oosphère ; par contre, il fait défaut dans les cellules du tissu spermogène. Les mitochondries, sous forme de petits grains ou de courts bâtonnets coexistent avec les chloroplastes dans toutes les cellules.

Dans les Fougères, où l'auteur n'a examiné que la pointe radiculaire, notamment dans *Adiantum,* il paraît également exister la même indépendance entre les mitochondries et les plastides. Les amyloplastes sont représentés dans les cellules les plus jeunes du méristème sous forme de petits corps lenticulaires, tandis que les mitochondries affectent l'aspect de petits grains ou de courts bâtonnets. Dans les cellules du cylindre central, les amyloplastes prennent la forme de longs filaments onduleux tout à fait semblables aux chondriocontes de la cellule animale, mais qui se distinguent cependant des éléments du chondriome par une plus grande épaisseur.

Mottier conclut qu'il existe dans la cellule végétale une indépendance complète entre les plastides et les mitochondries. Les deux catégories d'éléments présentent les mêmes caractères histo-chimiques. Les primordias des plastides ont des formes très analogues à celles des mitochondries. Mitochondries et plastides sont des organites incapables de naître autrement que par division et doivent par conséquent jouer un rôle dans l'hérédité, mais ces deux formations sont distinctes et évoluent séparément ; les mitochondries conservent leurs formes primitives dans les cellules adultes, tandis que les primordias prennent la forme bien connue des plastides typiques. A. GUILLIERMOND

HEMPEL Jenny. — **Buffer processes in the metabolism of succulents plants.** *(Compte-rendu des travaux du Laboratoire de Carlsberg,* 13ᵉ Vol., 1ʳᵉ Livraison, 1917).

Cet important mémoire a pour but de déterminer la concentration des ions hydrogène dans le suc cellulaire et le rapport de cette concentration à la quantité d'acide que l'on peut titrer dans ce liquide.

Les recherches ont porté sur des graines de *Lupinus albus,* sur le liquide des urnes de *Nepenthes,* sur les feuilles de nombreuses plantes succulentes appartenant aux familles suivantes : Crassulacées, Composées, Aizoacées et Liliacées, et sur des jus de citron. L'auteur a obtenu les résultats suivants : Il y a une certaine relation entre la concentration en ions hydrogène et la quantité d'acide titrable au tournesol. La concentration en ions hydrogène est déterminée par la quantité d'acide titrable et les quantités de malates dissociés. Dans le suc de *Rochea falcata* D. C. *Cotyledon obvallata* Haw. et *Cotyledon linguæfolia* Lem. (et peut-être chez les plantes succulentes en général), on ne trouve jamais l'acide et le sel-acide réunis ; mais on peut trouver des mélanges de sel acide et de sel neutre en quantités variables. La faculté de former et d'accumuler des acides ne paraît pas avoir de relation avec la structure plus ou moins charnue des feuilles, mais avec la quantité de malates dissociés, cette quantité dépendant de la nature des bases. Les sucs étudiés ont présenté de grandes différences au titrage suivant qu'on a employé le tournesol ou la phénolphtaléine. Pour certaines espèces, la différence suivant les deux modes de titrage est plus grande chez les vieilles feuilles que chez les jeunes ; elle semble dépendre en quelque mesure du malate d'aluminium présent dans le suc.

La concentration en ions hydrogène semble indéterminée dans du liquide pris dans une urne de *Nepenthes* au repos ; elle semble constante si le *Nepenthes* a subi une excitation.

Le suc extrait de la tigelle de germinations de Lupin présente une grande constance pour la concentration en ions hydrogène, bien que la proportion d'acides titrables soit très variable.

Jean Friedel

De Coulon André. — **Etude de la luminescence du *Pseudomonas luminescens*.** (Thèse de l'Université de Neuchâtel, 1916).

Les cultures ont été faites sur le milieu de Molisch : sulfate de magnésium $0^g,25$ ; sulfate de potassium 0,25 ; peptone 10 ; sucre 20 ; sel de cuisine 30; eau 1000). L'auteur a modifié méthodiquement ce milieu de manière à étudier l'action des diverses substances sur la luminescence. La peptone a pu être avantageusement remplacée par du glycocolle, de l'alanine, de l'asparagine, de l'urée, du tartrate d'ammonium, du nitrate d'ammonium et du nitrate de potassium. Divers hexoses et alcools polyatomiques peuvent remplacer le saccharose comme source de carbone. La glycérine ne peut remplacer le saccharose. Les six sels entrant dans la composition du milieu de Molisch sont tous nécessaires à la vie du *Pseudomonas* sauf le sulfate de potassium.

La luminescence est indépendante de la respiration. Avec la mort de la cellule le phénomène de bioluminescence prend fin.

Le phénomène de bioluminescence est intracellulaire et c'est l'oxygène qui doit parvenir à l'intérieur de la cellule.

L'oxygène nécessaire à la bioluminescence peut être de l'oxygène atmosphérique ou de l'oxygène actif mis en liberté par la réduction d'un corps chimique.

Les alcools, dans la concentration de 10 °/₀ vol. pour l'alcool méthylique et 6,2 °/₀ vol. pour l'alcool éthylique, abaissent la tension superficielle du milieu et diminuent ainsi la semiperméabilité, ce qui permet à l'oxygène de diffuser à l'intérieur de la cellule. Il en résulte donc une augmentation de la durée de luminosité.

Le cyanure de potassium augmente aussi la semiperméabilité tout en s'opposant à l'échange des gaz (respiration) ; de cette manière tout l'oxygène dissous dans le liquide ne sert qu'à la luminescence. Cet effet doit être attribué d'après l'auteur au complexe cyanogène qui serait lucigène. Les radicaux H et OH ont aussi une influence sur la semiperméabilité et sur l'augmentation de durée de la luminosité.

Les rayons de courtes longueurs d'onde augmentent l'intensité lumineuse, ceux de grandes longueurs d'onde la diminuent.

**Jean Friedel**

Parr, Rosalie. — **The response of *Pilobolus* to light** (*Ann. of Botany*. Vol. XXXII, n° CXXVI, Avril 1918, pages 177 à 205).

Les expériences ont porté uniquement sur le phototropisme. L'auteur a mesuré avec précision dans les différentes régions du spectre, la durée de présentation nécessaire pour amener la courbure des sporangiophores.

Le *Pilobolus* répond à la lumière dans toutes les régions du spectre visible : la durée de présentation décroît du rouge au violet et il n'y a ni maxima ni minima intermédiaires.

La durée de présentation varie en raison inverse de la racine carrée de la fréquence d'onde.

Le produit de la racine carrée de la fréquence par la durée de présentation décroît en même temps que l'énergie de la région du spectre considérée ; elle est approximativement constante pour une source lumineuse donnée.

L'énergie spectrale dans sa relation avec la durée de présentation peut être représentée approximativement par la formule Weber-Fechner si l'on exprime la fréquence d'onde en fonction de la constante.

On peut aussi exprimer cette relation au moyen de la formule de Tröndle. Jean Friedel

Brenchley, Winifred E. — **Organic plant poisons. II. Phenols.** (*Ann. of Botany*, Vol. XXXII, n° CXXVI, avril 1918, pages 259 à 278).

Ce mémoire fait partie d'une série de recherches sur l'action des poisons organiques sur les plantes. Les expériences ont été faites soit sur des plantes cultivées dans le sol, soit sur des plantes cultivées dans des solutions aqueuses. Ces dernières expériences ont donné des résultats pouvant être interprêtés. L'auteur a employé des phénols très variés : pyrocatéchol, crésols, pyrogallol, phloroglucine, orcinol. Dans tous les cas une solution d'une molécule pour 100 de l'un de ces phénols a été fatale. Il faut employer une solution cinq fois plus étendue M/100 $\left(\times \frac{1}{5}\right)$ pour observer des différences. Dans ces conditions l'o-crésol, le pyrocatéchol et le pyrogallol sont très toxiques ; le m-crésol l'est un peu moins, ainsi que le p-crésol, le phénol et la phloroglucine. Le résorcinol et l'orcinol tolèrent un assez bon développement des plantes. Dans aucun cas, ces poisons n'exercent une action stimulante sur la végétation, sauf une solution très diluée d'orcinol, et encore cette action très passagère ne se traduit pas par une augmentation de poids sec. Jean Friedel

Nemours.— Imp. Henri Bouloy. *Le Gérant :* Henri Bouloy.

# CONTRIBUTION
# A L'ÉTUDE DES RELATIONS QUI EXISTENT, DANS LES FEUILLES, ENTRE LA RESPIRATION ET LA PRÉSENCE DE L'ANTHOCYANE

par M. G. NICOLAS

Les pigments anthocyaniques, glucosides phénoliques dont la couleur varie suivant l'alcalinité ou l'acidité du milieu, existent en dissolution dans le suc cellulaire. Un grand nombre de fleurs et de fruits leur doivent leur coloration rouge, bleue ou violette ; on les rencontre dans beaucoup de jeunes feuilles et pendant toute l'évolution de certaines plantes ; enfin, ils déterminent parfois le rougissement des feuilles. Leur origine a été élucidée récemment par les belles recherches cytologiques de Guilliermond : ils sont le produit de l'activité des mitochondries, au même titre que les chloroplastes, les chromoplastes et l'amidon.

Si les différentes conditions dans lesquelles ces pigments prennent naissance sont à peu près bien connues, leur rôle et le mécanisme de leur formation ont donné lieu à des interprétations nombreuses. On a attribué de bonne heure une influence prépondérante aux phénomènes d'oxydation dans la production de l'anthocyane. Les premiers auteurs (Schübler et Funck, Macaire Princeps, Guibourt, de 1825 à 1827) la considéraient comme un produit d'oxydation de la chlorophylle ; dans la suite, sa genèse fut attribuée à l'oxydation des tanins (Pick, Overton, Buscalioni et Pollacci, Mirande, Laborde, Miège, etc...) ou de chromogènes divers (Palladine, Miss Wheldale). L'oxygène semble, en effet, d'après un certain nombre d'observations, intervenir dans la production de l'anthocyane. Ainsi, Mer et Emery ont observé que des organes divers, formant de l'anthocyane dans l'air, en sont dépourvus lorsqu'on les immerge. Molliard a constaté aussi l'influence de l'oxygène sur le développement de l'anthocyane en cultivant des Radis aseptiquement dans des solutions sucrées où ils sont complètement immergés ; dans ces conditions, les parties qui se développent à peu de distance de la surface produisent de l'anthocyane, tandis que celles situées plus profondément n'en ont pas. Toutes les conditions d'éclairement, de température, d'état hygrométrique étant identiques, Molliard admet que l'absence d'anthocyane dans les organes situés dans les parties profondes du liquide est due à la trop petite quantité d'oxygène. Katic a montré de même que l'anthocyane ne se forme pas en l'absence d'oxygène, que la coloration rouge se fait moins vite dans l'air sous pression réduite que dans l'air normal et que, dans certaines cultures, la pigmentation est plus intense lorsque la pression de l'oxygène augmente.

De plus, Mirande, Keeble, Armstrong et Jones ont observé que les oxydases sont localisées dans les cellules à anthocyane et considèrent avec Buscalioni et Pollacci, Palladine, Miss Wehldale, Grafe, que les oxydases interviennent dans la formation des pigments ; cette hypothèse a été, cependant, mise en doute par Atkins.

Combes, à la suite d'essais sur la respiration comparée de feuilles vertes et de feuilles des mêmes espèces, dans lesquelles le pigment rouge était en voie de formation ou de disparition, a montré que l'apparition des anthocyanes est corrélative d'une accumulation d'oxygène dans les tissus, tandis que leur disparition est, au contraire, accompagnée d'une perte d'oxygène.

Toutes ces observations : nécessité de la présence de l'oxygène pour la formation de l'anthocyane, abondance des oxydases dans les tissus pigmentés, fixation par les mêmes tissus d'une quantité d'oxygène plus grande que normalement, montrent qu'il existe une relation certaine entre la formation de l'anthocyane et les phénomènes d'oxydation. Mais la pigmentation constitue-t-elle elle-même une oxydation, comme l'ont admis la plupart des physiologistes, ou est-elle simplement corrélative d'une augmentation des actions oxydantes ? La pigmentation n'est pas une oxydation, c'est ce qui résulte, du moins, des recherches de Combes, confirmées ensuite par Everest, Willstätter et ses élèves ; l'anthocyane dériverait des pigments jaunes solubles des plantes par *réduction* : la relation qui existe entre la pigmentation et les oxydations serait donc indirecte et le développement de l'anthocyane coïnciderait simplement avec d'autres processus qui activent les oxydations.

J'ai pensé que l'étude de la respiration de plantes renfermant de l'anthocyane contribuerait peut-être à élucider la nature de la relation bien établie par de nombreuses observations. Les recherches sur cette question sont d'ailleurs rares et on ne peut citer que celles de Jönsson, Combes et Plester.

Jönsson (1) admet que la coloration rougeâtre de beaucoup de Mousses, surtout sous l'action de la lumière, diminue notablement l'intensité de la respiration et de l'assimilation. Ainsi, pour le *Frullania Tamarisci* :

| | $CO^2$ DÉGAGÉ | O ABSORBÉ |
|---|---|---|
| Echantillons verts | 4,699. . . . | 5,456 cent. cubes |
| — d'un brun rouge | 3,242. . . . | 3,452 — |

chiffres qui permettent d'établir les quotients respiratoires (0, 86 dans le premier cas, 0, 93 dans le deuxième).

Les recherches de Combes (2) sont beaucoup plus complètes. Combes a comparé la respiration d'organes au cours du rougissement ou dans lesquels l'anthocyane était en voie de disparition à celle des mêmes organes verts. Le rougissement était provoqué par des causes diverses (éclairement intense, abaissement de température, action de champignons, décortications annulaires). Il résulte des expériences de Combes que l'intensité respiratoire est généralement plus faible dans les feuilles rouges que dans les vertes, sauf pour le *Rumex crispus* et l'*Œnothera Lamarckiana* attaqués par des Champignons, où elle est plus élevée. Quant aux feuilles rouges d'*Ailantus glandulosa,* qui verdissent en vieillissant, elles ont une intensité respiratoire plus élevée que les feuilles vertes plus âgées ; il y a lieu de faire intervenir ici l'influence qu'exerce l'âge sur la respiration.

En ce qui concerne $\frac{CO^2}{O^2}$, « la formation et la disparition des pigments anthocyaniques ne sont accompagnées que par des variations très faibles et souvent nulles dans la valeur de ce quotient. » Ainsi :

---

(1) Jonsson. Recherches sur la respiration et l'assimilation des Muscinées. (*C. R. Ac. Sc.*, t. CXIX, pp. 440-443, 1894).

(2) Combes. Les échanges gazeux des feuilles pendant la formation et la destruction des pigments anthocyaniques. (*Rev. gén. de Bot.*, t. XXII, pp. 177-212, 1910).

| | VERTES | ROUGES |
|---|---|---|
| *Ampelopsis* | 1,55 | 1,55 |
| *Rumex* | 0,88 | 0,87 |
| *Œnothera* | 0,99 | 0,96 |
| *Rubus* | 0,77 | 0,77 |

Ce quotient diminue sensiblement pendant la formation de l'anthocyane à la suite de décortications annulaires et pendant la disparition du pigment rouge (*Ailantus*) :

| | VERTES | ROUGES |
|---|---|---|
| *Spiræa* | 1,03 | 0,88 |
| *Mahonia* | 1,98 | 1,26 |
| *Ailantus* | 1,00 | 1,55 |

Combes conclut de ses recherches que la formation de l'anthocyane est corrélative d'une accumulation d'oxygène dans les tissus ; les feuilles colorées en rouge fixeraient plus d'oxygène ou en perdraient moins que les vertes.

Plester (1) a étudié la respiration de feuilles vertes et rouges de la même espèce par la méthode de Pettenkofer ; il n'a mesuré que l'anhydride carbonique dégagé et a observé que les feuilles rouges respirent un peu moins que les vertes. Ainsi, en prenant le $CO^2$ dégagé par les feuilles vertes comme unité (100) :

| | | |
|---|---|---|
| *Corylus Avellana* | var. *atropurpurea* | 83,78 |
| *Ulmus montana* | var. *atropurpurea* | 94,31 |
| *Atriplex hortensis* | var. *atropurpurea* | 82,40 |

Ces recherches n'apportent aucun fait nouveau sur la nature de la relation qui existe entre les oxydations et la formation de l'anthocyane ; celles de Combes n'ont fait que confirmer l'hypothèse admise à peu près par tous les physiologistes. Il m'a semblé que la question méritait d'être reprise avec la préoccupation surtout de suivre rigoureusement les variations de $\frac{CO^2}{O^2}$, coefficient susceptible de fournir des indications précieuses sur les oxydations.

J'ai étudié la respiration comparée : 1° de feuilles vertes et de feuilles rougissant accidentellement (éclairement trop vif, abaissement de température, attaque de Champignons) : 2° de feuilles qui, rouges dans leur jeune âge, verdissent en vieillissant ; 3° de feuilles vertes et de feuilles normalement rouges de la même espèce.

---

(1) Plester. Kohlensäureassimilation und Atmung bei Varietäten derselben Arten, die sich durch ihre Blattfärbung unterscheiden. (*Beiträge zur Biologie der Pflanzen*, bd. XI, 1912).

Cette étude, dont j'ai donné déjà les principaux résultats (1), a été faite par la méthode de l'atmosphère confinée, avec tous les détails expérimentaux maintes fois indiqués. Les intensités respiratoires ($CO^2$ gr. h., $CO^2$ cmq. h., O gr. h., O cmq. h.) évaluées en centimètres cubes par heure sont rapportées au poids frais (gramme) et à la surface (cmq. carré) des feuilles. L'atmosphère des éprouvettes dans laquelle respiraient les feuilles avait généralement la composition centésimale suivante :

$$CO^2 = 0,00$$
$$O = 20,80$$
$$Az = 79,20$$

Sa composition ne sera indiquée dans les expériences que lorsqu'elle sera différente de celle-ci.

### *Viburnum Tinus* L.

Le 23 janvier, j'ai coupé deux feuilles opposées bien développées, l'une verte avec seulement quelques petites taches rouges le long de la nervure médiane, l'autre présentant de nombreuses taches rouges sur toute sa surface ; quelques Cochenilles, dont j'ai débarrassé les feuilles, avaient provoqué sur celles-ci, mais principalement sur les rouges, la destruction de la chlorophylle. L'expérience a été faite à l'obscurité pendant quatre heures à 16°.

| | FEUILLE VERTE | FEUILLE ROUGE |
|---|---|---|
| Poids | = 1,000 | 0,865 |
| Surface | = 37,25 | 33,75 |
| Vol. at. | = 15,00 | 15,00 |
| $CO^2$ °/₀ | = 1,53 | 1,29 |
| $CO^2 + O$ °/₀ | = 20,54 | 20,29 |
| O °/₀ | = 1,85 | 1,93 |
| $CO^2$ gr. h. | = 0,0535 | 0,0525 |
| O gr. h. | = 0,0647 | 0,0788 |
| $CO^2$ cmq. h. | = 0,0014 | 0,0013 |
| O cmq. h. | = 0,0017 | 0,0020 |
| $\frac{CO^2}{O^2}$ | = 0,82 | 0,66 |

---

(1) NICOLAS. Anthocyane et échanges gazeux respiratoires des feuilles. (*C. R. Ac. Sc.*, t. CLXVII, pp. 130-132, 1918).

Les différences constatées dans les valeurs de O et de $\frac{CO^2}{O^2}$ pourraient être attribuées à la destruction de la chlorophylle plus prononcée dans la feuille rougissant que dans la verte ; j'ai effectué une expérience de contrôle, le 15 février, sur deux feuilles opposées, encore bien vivantes : l'une complètement verte, l'autre présentant de nombreuses taches jaunes, mais sans la moindre trace d'anthocyane. L'expérience a duré cinq heures à l'obscurité à 14°.

| | FEUILLE VERTE | FEUILLE JAUNISSANT MAIS SANS ANTHOCYANE |
|---|---|---|
| Poids | = 0,902 | 1,098 |
| Surface | = 26,50 | 32,50 |
| Vol. at. | = 15,00 | 15,00 |
| $CO^2$ °/₀ | = 1,73 | 1,72 |
| $CO^2 + O$ °/₀ | = 20,58 | 20,59 |
| O °/₀ | = 2,00 | 1,98 |
| $CO^2$ gr. h. | = 0,0540 | 0,0435 |
| O gr. h. | = 0,0625 | 0,0501 |
| $CO_2$ cmq. h. | = 0,0018 | 0,0014 |
| O cmq. h. | = 0,0021 | 0,0016 |
| $\frac{CO^2}{O^2}$ | = 0,86 | 0,86 |

La destruction de la chlorophylle contribue à diminuer l'intensité respiratoire, mais est sans effet sur $\frac{O^2}{CO^2}$ ; ce n'est donc pas au jaunissement plus prononcé dans la feuille rouge que dans la verte qu'il faut attribuer les différences observées dans les valeurs des coefficients respiratoires, mais à la présence de l'anthocyane.

### *Acokanthera spectabilis* Hook.

Le 25 janvier, j'ai coupé deux feuilles opposées, jeunes, l'une entièrement rouge, l'autre verte. L'expérience a été faite à l'obscurité à 15° pendant quatre heures trente minutes.

| | FEUILLE VERTE | FEUILLE ROUGE |
|---|---|---|
| Poids | = 0,463 | 0,398 |
| Surface | = 14,75 | 12,00 |
| Vol. at. | = 10,00 | 10,00 |
| $CO^2$ °/₀ | = 1,42 | 1,42 |
| $CO^2 + O$ °/₀ | = 20,73 | 20,34 |
| O °/₀ | = 1,50 | 2,00 |
| $CO^2$ gr. h. | = 0,0649 | 0,0761 |
| O gr. h. | = 0,0686 | 0,1072 |
| $CO^2$ cmq. h. | = 0,0020 | 0,0025 |
| O cmq. h. | 0,0021 | 0,0035 |
| $\frac{CO^2}{O^2}$ | = 0,94 | 0,71 |

### *Salvia Grahami* Benth.

Le 1er février, deux feuilles opposées ont été coupées, l'une verte, sauf à son extrémité un peu rouge, l'autre complètement rouge sur l'une de ses moitiés et sur le bord libre de l'autre. L'expérience a été faite à l'obscurité pendant quatre heures trente minutes à 14°.

Composition centésimale de l'atmosphère des éprouvettes $\begin{cases} CO^2 = 0{,}00 \\ O = 20{,}85 \\ Az = 79{,}15 \end{cases}$

| | FEUILLE VERTE | FEUILLE ROUGE |
|---|---|---|
| Poids | = 0,075 | 0,078 |
| Surface | = 3,00 | 2,95 |
| Vol. at. | = 4,00 | 4,00 |
| $CO^2$ °/₀ | = 1,65 | 2,24 |
| $CO^2 + O$ °/₀ | = 20,68 | 20,53 |
| O °/₀ | = 1,86 | 2,64 |
| $CO^2$ gr. h. | = 0,1918 | 0,2502 |
| O gr. h. | = 0,2162 | 0,2949 |
| $CO^2$ cmq. h. | = 0,0047 | 0,0066 |
| O cmq. h. | = 0,0054 | 0,0077 |
| $\frac{CO^2}{O^2}$ | = 0,88 | 0,84 |

### *Photinia glabra* Dec.

Le 12 février, deux feuilles opposées ont été coupées, l'une bien verte, l'autre complètement rouge, jaunissant déjà, mais encore bien vivante et solidement fixée au rameau. L'expérience a été faite à l'obscurité à 15° pendant cinq heures trente minutes.

| | FEUILLE VERTE | FEUILLE ROUGE |
|---|---|---|
| Poids | = 1,118 | 0,869 |
| Surface | = 39,5 | 32,00 |
| Vol. at. | = 20,00 | 20,00 |
| $CO^2$ °/₀ | = 2,15 | 2,54 |
| $CO^2 + O$ °/₀ | = 20,61 | 20,21 |
| O °/₀ | = 2,38 | 3,28 |
| $CO^2$ gr. h. | = 0,0660 | 0,1016 |
| O gr. h. | = 0,0730 | 0,1312 |
| $CO^2$ cmq. h. | = 0,0018 | 0,0027 |
| O cmq. h. | = 0,0020 | 0,0035 |
| $\frac{CO^2}{O^2}$ | = 0,90 | 0,77 |

Cette expérience a été répétée sur la même espèce, le 22 mars, à l'obscurité à 15° pendant quatre heures.

Composition centésimale de l'atmosphère des éprouvettes
$CO^2 = 0,00$
$O = 20,92$
$Az = 79,08$

| | FEUILLE VERTE | FEUILLE ROUGE |
|---|---|---|
| Poids | 0,719 | 0,527 |
| Vol. at. | = 10,00 | 10,00 |
| $Co^2$ % | = 2,30 | 1,12 |
| $CO^2 + O$ % | = 20,63 | 20,03 |
| O % | = 2,66 | 2,24 |
| $CO^2$ gr. h. | = 0,0742 | 0,0503 |
| O gr. h. | = 0,0858 | 0,1006 |
| $\frac{CO^2}{O^2}$ | = 0,86 | 0,50 |

### *Eugenia Michelii* Lam.

Le 18 mars, j'ai coupé sur le même rameau, au sommet, une feuille complètement rouge, et, au nœud situé immédiatement au-dessous, une autre feuille verte. L'expérience a duré trois heures à l'obscurité à 16°. La composition centésimale de l'atmosphère des éprouvettes est la même que dans l'expérience précédente.

| | FEUILLE VERTE | FEUILLE ROUGE |
|---|---|---|
| Poids | = 0,218 | 0,215 |
| Surface | = 8,50 | 10,00 |
| Vol. at. | = 4,00 | 4,00 |
| $CO^2$ % | = 1,39 | 1,80 |
| $CO^2 + O$ % | = 20,67 | 20,55 |
| O % | = 1,70 | 2,26 |
| $CO^2$ gr. h. | = 0,0803 | 0,1056 |
| O gr. h. | = 0,0982 | 0,1326 |
| $CO^2$ cmq. h. | = 0,0020 | 0,0022 |
| O cmq. h. | = 0,0025 | 0,0028 |
| $\frac{CO^2}{O^2}$ | = 0,81 | 0,79 |

### *Raphiolepis ovata* Briot

Le 15 février, j'ai coupé deux jeunes feuilles insérées au même point au sommet du même rameau, l'une complètement rouge, l'autre verte. L'expérience a été faite à l'obscurité à 14° pendant trois heures.

Composition centésimale de l'atmosphère des éprouvettes
$CO^2 = 0,00$
$O = 20,91$
$Az = 79,09$

| | FEUILLE VERTE | FEUILLE ROUGE |
|---|---|---|
| Poids | = 0,462 | 0,334 |
| Surface | = 10,00 | 7,50 |
| Vol. at. | = 10,00 | 10,00 |
| $CO^2$ °/° | = 0,57 | 0,57 |
| $CO^2$ + O °/° | = 20,92 | 20,80 |
| O °/° | = 0,56 | 0,70 |
| $CO^2$ gr. h. | = 0,0392 | 0,0549 |
| O gr. h. | = 0,0388 | 0,0675 |
| $CO^2$ cmq. h. | = 0,0018 | 0,0024 |
| O cmq. h. | = 0,0017 | 0,0030 |
| $\frac{CO^2}{O^2}$ | = 1,01 | 0,81 |

### *Amygdalus communis* L.

Le 8 mars, j'ai coupé sur deux rameaux voisins deux feuilles jeunes, l'une bien verte, non parasitée, l'autre cloquée, envahie par le *Taphrina deformans*, complètement rouge, sauf à son extrémité restée indemne et verte. L'expérience a été faite à l'obscurité pendant quatre heures à 14°.

Composition centésimale de l'atmosphère des éprouvettes
$CO^2$ = 0,00
O = 20,86
Az = 79,14

| | FEUILLE VERTE | FEUILLE ROUGE PARASITÉE |
|---|---|---|
| Poids | = 0,198 | 0,528 |
| Surface | = 11,00 | 7,00 |
| Vol. at. | = 10,00 | 10,00 |
| $CO^2$ °/₀ | = 2,32 | 6,58 |
| $CO^2$ + O °/₀ | = 20,88 | 19,44 |
| O °/₀ | = 2,30 | 8,35 |
| $CO^2$ gr. h. | = 0,2871 | 0,2951 |
| O gr. h. | = 0,2846 | 0,3749 |
| $CO^2$ cmq. h. | = 0,0051 | 0,0225 |
| O cmq. h. | = 0,0051 | 0,0282 |
| $\frac{CO^2}{O^2}$ | = 1,00 | 0,78 |

Le 9 mars, deux feuilles très jeunes, insérées au même point, ont été coupées ; l'une verte, l'autre cloquée et rouge sur la moitié de sa longueur à partir de la base. L'expérience a été faite à l'obscurité à 15° pendant quatre heures.

| | FEUILLE VERTE | FEUILLE ROUGE PARASITÉE |
|---|---|---|
| Poids | = 0,418 | 0,838 |
| Surface | = 17,5 | 17,00 |
| Vol. at. | = 15,00 | 15,00 |
| $CO^2$ % | = 3,93 | 8,92 |
| $CO^2 + O$ % | = 20,79 | 19,34 |
| O % = | = 3,94 | 10,75 |
| $CO^2$ gr. h. | = 0,3427 | 0,3768 |
| O gr. h. | = 0,3436 | 0,4541 |
| $CO^2$ cmq h. | = 0,0081 | 0,0185 |
| O cmq h. | = 0,0082 | 0,0223 |
| $\frac{CO^2}{O^2}$ | = 1,00 | 0,82 |

### *Rosa.*

Le 4 mars, j'ai coupé sur deux pétioles de la même tige la foliole terminale : l'une est complètement rouge, l'autre, un peu plus âgée, verdit et ne présente plus qu'une légère teinte rouge sur ses bords. L'expérience a été faite à l'obscurité à 14° pendant quatre heures.

| | FEUILLE EN TRAIN DE VERDIR | FEUILLE ROUGE |
|---|---|---|
| Poids | = 0,215 | 0,171 |
| Surface | = 17,5 | 13,00 |
| Vol. at. | = 4,00 | 4,00 |
| $Co^2$ % | = 5,30 | 5,45 |
| $CO^2 + O$ % | = 20,52 | 20,39 |
| O % | = 5,65 | 5,96 |
| $CO^2$ gr. h. | = 0,2332 | 0,3050 |
| O gr. h. | = 0,2486 | 0,3336 |
| $CO^2$ cmq. h. | = 0,0028 | 0,0040 |
| O cmq. h. | = 0,0030 | 0,043 |
| $\frac{CO}{O^2}$ | = 0,93 | 0,91 |

### *Cassine Maurocenia* L.

Cette espèce est caractérisée par la teinte rouge violacée de toutes les jeunes pousses. J'ai prélevé, le 15 mars, sur deux pousses voisines, une feuille du sommet : l'une est complètement rouge, plus jeune que l'autre qui commence à verdir à sa face supérieure, la face inférieure étant encore bien rouge. L'expérience a été faite à l'obscurité à 19° pendant trois heures trente minutes.

Composition centésimale de l'atmosphère des éprouvettes
$CO^2$ = 0,00
O = 20,85
Az. = 79,15

| | FEUILLE EN TRAIN DE VERDIR | FEUILLE ROUGE |
|---|---|---|
| Poids | = 0,179 | 0,194 |
| Surface | = 3,50 | 3,75 |
| Vol. at. | = 4,00 | 4,00 |
| $CO^2$ % | = 5,41 | 7,62 |
| $CO^2 + O$ % | = 20,68 | 20,10 |
| O % | = 5,62 | 8,56 |
| $CO^2$ gr. h. | = 0,3299 | 0,4265 |
| O gr. h. | = 0,3427 | 0,4791 |
| $CO^2$ cmq. h. | = 0,0168 | 0,0220 |
| O cmq. h. | = 0,0175 | 0,0247 |
| $\frac{CO^2}{O^2}$ | = 0,96 | 0,89 |

Dans ces deux dernières expériences, il y a lieu de faire intervenir, en plus de la présence de l'anthocyane, l'influence exercée par l'âge (1) ; les feuilles rouges, plus jeunes que celles qui verdissent déjà un peu, ont normalement une intensité respiratoire plus élevée, mais devraient posséder également un quotient $\frac{CO^2}{O^2}$ plus fort ; or, c'est le contraire qui se produit ; ce quotient est sensiblement le même pour le *Rosa* (0, 91 et 0, 93), mais, pour le *Cassine*, il diminue légèrement dans les feuilles rouges (0, 89 et 0, 96) ; c'est probablement la présence de l'anthocyane qui intervient ici.

J'arrive aux expériences réalisées sur des espèces possédant des variétés à feuillage rouge ; c'est le cas du *Prunus cerasifera* Ehrh. (*P. Myrobolana* L.) et du *Prunus Pissardi* Carr., que l'on peut considérer comme une variété à feuillage rouge du *P. cerasifera*.

### *Prunus cerasifera* Ehrh. et var. Pissardi

Le 19 avril, j'ai coupé six feuilles sur deux rameaux, un de l'espèce et un de la variété ; il est à remarquer que les feuilles de la variété rouge sont beaucoup plus développées que celles de l'espèce, du moins sur l'arbre qui m'a fourni les feuilles. L'expérience a été faite à l'obscurité à 16° pendant deux heures.

---

(1) Nicolas. Contribution à l'étude des variations de la respiration des végétaux avec l'âge. (*Rev. gén. de Bot.*, t. XXX, pp. 209-225, 1918).

| | FEUILLES VERTES | FEUILLES ROUGES |
|---|---|---|
| Poids | = 0,917 | 1,135 |
| Surface | = 74,5 | 103,75 |
| Vol. at. | = 15,00 | 15,00 |
| $CO^2$ % | = 3,40 | 2,84 |
| $CO^2 + O$ % | = 20,14 | 19,86 |
| O % | = 4,22 | 4,01 |
| $CO^2$ gr. h. | = 0,2610 | 0,1734 |
| O gr. h. | = 0,3240 | 0,2449 |
| $CO^2$ cmq. h. | = 0,0032 | 0,0018 |
| O cmq. h. | = 0,0039 | 0,0026 |
| $\frac{CO^2}{O^2}$ | = 0,80 | 0,70 |

Le 22 avril, j'ai coupé sept feuilles sur deux rameaux courts, un de la variété et un de l'espèce. L'expérience a duré à l'obscurité deux heures à 19°.

| | FEUILLES VERTES | FEUILLES ROUGES |
|---|---|---|
| Poids | = 0,641 | 1,270 |
| Surface | = 46,00 | 98,75 |
| Vol. at. | = 10,00 | 15,00 |
| $CO^2$ %. | = 3,47 | 3,70 |
| $CO^2 + O$ % | = 20,37 | 19,59 |
| O % | = 4,01 | 5,21 |
| $CO^2$ gr. h. | = 0,2533 | 0,2000 |
| O gr. h. | = 0,2927 | 0,2816 |
| $CO^2$ cmq. h. | = 0,0035 | 0,0025 |
| O cmq. h. | = 0,0040 | 0,0036 |
| $\frac{CO^2}{O^2}$ | = 0,86 | 0,71 |

Le 13 juin, un peu avant la maturité des fruits, j'ai coupé sur un rameau de l'espèce et un de la variété l'avant-dernière feuille. L'expérience a été faite à l'obscurité pendant deux heures trente minutes à 22°.

$$\text{Composition centésimale de l'atmosphère des éprouvettes}\left\{\begin{array}{l}CO^2 = 0,00\\ O = 20,92\\ Az = 79,08\end{array}\right.$$

| | FEUILLE VERTE | FEUILLE ROUGE |
|---|---|---|
| Poids | = 0,300 | 0,213 |
| Vol. at. | = 10,00 | 10,00 |
| $CO^2$ % | = 3,34 | 1,88 |
| $CO^2 + O$ % | = 20,92 | 20,81 |
| O % | = 3,34 | 2,02 |
| $CO^2$ gr. h. | = 0,4319 | 0,3455 |
| O gr. h. | = 0,4319 | 0,3712 |
| $\frac{CO^2}{O^2}$ | = 1,00 | 0,93 |

Ces expériences permettent de formuler les conclusions suivantes :

1° Intensité respiratoire. — Deux cas à considérer : a) *Les feuilles qui rougissent accidentellement, soit sous l'influence d'un éclairement intense ou d'un abaissement de température, soit sous l'action de parasites et celles qui, rouges étant jeunes, verdissent au cours de leur développement ont une intensité respiratoire plus élevée que les feuilles vertes des mêmes espèces, notamment en ce qui concerne l'oxygène absorbé ;* b) *les feuilles normalement rouges ont une intensité respiratoire plus faible que les feuilles vertes des mêmes espèces.*

2° Quotient respiratoire. — *D'une manière générale, le quotient respiratoire est moins élevé chez les feuilles rouges que chez les vertes.*

La première conclusion relative à l'intensité respiratoire, en contradiction avec les résultats de Jönsson chez les Mousses et de Combes (sauf dans le cas des feuilles parasitées par des Champignons), n'a rien qui doive surprendre. Nous savons, en effet, grâce à de nombreuses observations et aux recherches chimiques de Combes (1), que le rougissement est accompagné d'une accumulation de composés hydrocarbonés solubles, dont le rôle comme combustibles respiratoires est bien connu, qui contribuent, en un mot, à accroître l'intensité des échanges gazeux.

Pour les feuilles qui perdent leur coloration rouge au cours de leur développement, l'influence de l'âge suffirait à elle seule à expliquer les différences dans les valeurs de l'intensité respiratoire.

Les résultats obtenus pour l'intensité respiratoire des feuilles normalement colorées en rouge concordent avec ceux de Plester. Les feuilles du *Prunus cerasifera* et de la var. *Pissardi* sont identiques comme structure, mais, dans la variété rouge, les chloroplastes sont moins nombreux et surtout moins verts ; ils diffèrent qualitativement et quantitativement de ceux de l'espèce. Griffon (2) a montré qu'à cette différence dans le nombre et la qualité des chloroplastes correspond une assimilation spéciale : la variété rouge assimile moins d'anhydride carbonique que l'espèce ; il en résulte que la synthèse des composés hydrocarbonés y est moins active et que les échanges gazeux y sont moins intenses.

---

(1) Combes. Rapports entre les composés hydrocarbonés et la formation de l'anthocyane. (*Ann. Sc. Nat., Botanique*, 9ᵉ série, t. IX, pp. 275-303, 1909).

(2) Griffon. L'assimilation chlorophyllienne et la coloration des plantes. (*Ann. Sc. Nat., Botanique*, 8ᵉ série, t. X, pp. 1-123, 1899, *Thèse de Paris*).

Les résultats relatifs au quotient respiratoire indiquent à peu près généralement une fixation d'oxygène plus grande dans les feuilles rouges que dans les vertes. Dans les cas de rougissement accidentel, nous avons admis que l'augmentation dans l'intensité des échanges gazeux était due à l'accumulation de composés hydrocarbonés solubles ; ces substances contribuent à la fois à élever l'intensité et le quotient respiratoires, comme l'ont établi les recherches réalisées en collaboration avec Maige (1) sur des bourgeons étiolés de Fèves et des embryons de Haricots. Etant donnée l'influence exercée par les sucres sur les coefficients respiratoires, comment expliquer que les feuilles rouges où, cependant, les composés hydrocarbonés solubles sont plus abondants que dans les vertes, aient un quotient respiratoire plus faible que celles-ci ? c'est le contraire qui devrait avoir lieu. La contradiction qui semble exister entre nos résultats sur l'action des sucres et les valeurs de $\frac{CO^2}{O^2}$ chez les feuilles rouges comparativement aux vertes n'est qu'apparente. Les expériences de Purjewicz (2) et de Mlle Promsy (3) ont montré, en effet, que, dans certains cas, l'addition de sucres abaisse $\frac{CO^2}{O^2}$ au lieu de l'accroître. Ces deux auteurs admettent qu'il y aurait formation d'acides aux dépens du sucre, acidification en un mot, phénomène qui a pour effet de diminuer le quotient respiratoire. Ainsi, Purjewicz a obtenu avec des bourgeons étiolés de Haricot les valeurs suivantes pour le quotient :

| | $\frac{CO^2}{O^2}$ | ACIDITÉ |
|---|---|---|
| Glucose à 2 % . . . . . . . . | 0,40 | 257 |
| Eau . . . . . . . . . | 0,72 | 185 |

De même pour des rameaux de *Pelargonium*.

---

(1) Maige et Nicolas. Recherches sur l'influence des solutions sucrées de divers degrés de concentration sur la respiration, la turgescence et la croissance de la cellule. (*Ann. Sc. Nat., Botanique*, 9e série, t. XII, pp. 315-368, 1910).

(2) Purjewicz. Die Bildung und Zersetzung der Organischen Saüren bei den höheren Pflanzen (in *Bot. Centralblatt*, Bd. LVIII, pp. 368-374, 1894).

(3) Mlle Promsy. De l'influence des acides organiques et du glucose sur la respiration des graines en voie de gonflement. (*Rev. gén. de Bot.*, t. XXIV, pp. 316-318, 1912).

Les chiffres donnés par Mlle Promsy concordent avec nos résultats expérimentaux pour les graines d'Arachide, mais en diffèrent, confirmant ainsi ceux de Purjewicz, pour les graines de Fèves. Ainsi, pour ces graines, les valeurs de $\frac{CO^2}{O^2}$ seraient les suivantes :

| | | |
|---|---|---|
| Eau | | 0,78 |
| Glucose à | 0, 1 °/₀. | 0,88 |
| — | 0,25 °/₀. | 0,73 |
| — | 5 °/₀. | 0,62 |

Ces résultats montreraient que, dans quelques cas et pour certaines plantes, l'addition de sucres diminue $\frac{CO^2}{O^2}$ au lieu de l'augmenter, par suite de la production d'acides aux dépens du sucre. C'est peut-être un phénomène analogue qui intervient dans le rougissement accidentel : les sucres accumulés, au lieu d'être brûlés entièrement, seraient incomplètement oxydés et le résultat de cette oxydation partielle serait la formation d'acides organiques, dont l'influence sur le quotient respiratoire est bien connue. Nous verrons un peu plus loin que cette hypothèse trouvera un fondement dans la mesure de l'acidité.

L'explication, vraisemblable pour le rougissement accidentel, qui est accompagné d'une augmentation des hydrocarbones solubles, peut s'appliquer également au cas des feuilles qui perdent leur teinte rouge en vieillissant. Les feuilles rouges, comme tous les organes jeunes, sont le siège d'échanges nutritifs intenses ; les substances hydrocarbonées y abondent, mais ne subissent sans doute qu'une oxydation incomplète qui les transforme en acides organiques ; il est, d'ailleurs, bien connu, que l'acidité relative des jeunes feuilles est plus élevée que celle des feuilles complètement développées.

Dans le cas des plantes dont le feuillage est normalement rouge, par suite de la diminution d'activité de la synthèse chlorophyllienne (quantité de chlorophylle moindre dans les feuilles rouges que dans les vertes), les combustibles sont moins abondants et les échanges gazeux plus réduits que dans les feuilles vertes et, cependant, l'oxygène y est fixé en plus grande quantité que dans celles-ci ; c'est qu'il y a probablement, ici encore, des oxydations incomplètes qui amènent les substances hydrocarbonées au stade d'acides, phénomène qui coïncide avec une plus grande fixation d'oxygène.

La présence de l'anthocyane dans les feuilles est donc corrélative d'une augmentation des phénomènes d'oxydation et les expériences sur les échanges gazeux venant s'ajouter aux observations sur la nécessité de la présence de l'oxygène pour le rougissement et sur l'abondance des oxydases dans les tissus où la coloration rouge existe, tendraient à confirmer l'hypothèse universellement admise, d'après laquelle la pigmentation serait elle-même une oxydation, si les recherches récentes de Combes, Everest, Willstätter et ses élèves n'avaient bien établi que ce phénomène consiste, au contraire, en une réduction.

La relation évidente qui existe entre la production de l'anthocyane et les oxydations respiratoires est donc *indirecte*. L'oxygène, fixé en plus grande quantité pendant le rougissement, ne se porte pas sur les générateurs des anthocyanes, puisque celles-ci résultent d'une action réductrice, mais sur d'autres substances, probablement les hydrates de carbone, qui, incomplètement oxydés, fourniraient des acides organiques. Nous avons vu que les expériences de Purjewicz et de Mlle Promsy donnaient à cette hypothèse une certaine vraisemblance. J'ai cherché à l'étayer par d'autres faits.

Quelques observations ont été faites sur les relations existant entre le rougissement des feuilles et l'acidité du suc cellulaire. Ainsi, Wiesner et Kraus ont constaté que le rougissement automnal des feuilles est accompagné d'un accroissement de l'acidité du suc cellulaire. Dezani a signalé la formation d'un pigment rouge lorsque des raisins blancs sont traités par l'acide chlorhydrique.

Il y a là un ensemble de faits qui semblent plaider en faveur d'une relation plus ou moins étroite entre la présence de l'anthocyane dans les tissus et leur acidité. Pour être fixé sur la nature de cette relation, il était nécessaire d'effectuer le dosage de l'acidité relative des feuilles vertes et des feuilles rouges de la même espèce. J'ai utilisé la méthode d'Astruc (1). Les feuilles, pesées et coupées en petits fragments, sont broyées rapidement dans un mortier avec un peu d'eau distillée : le tout est versé dans une capsule que l'on maintient au bain-marie à 80°-90° pendant vingt minutes ; le liquide clair après filtration est additionné de quelques gouttes de phénolphtaléine ; on dose l'acidité relative au moyen d'une solution de potasse au cinquantième du poids moléculaire (1, 12 de potasse par litre). On note le nombre de centimètres cubes de solution employée et on exprime l'acidité en milligrammes d'acide acétique par gramme de poids frais de feuilles. Voici quelques résultats obtenus :

---

(1) Astruc. Recherches sur l'acidité végétale. (*Ann. Sc. Nat., Botanique*, 8e série, t. XVII, pp. 1-107, 1904, *Thèse de Paris*).

| | FEUILLES VERTES | FEUILLES ROUGES |
|---|---|---|
| *Raphiolepis ovata* | 2,88 | 6,48 |
| *Photinia glabra* | 5,85 | 6,66 |
| *Acokanthera spectabilis* | 9,85 | 11,11 |
| *Echium Pininana* | 3,92 | 8,64 |
| *Prunus cerasifera* et var. *Pissardi* | 6,48 | 8,64 |
| | 6,60 | 10,80 |
| | 4,80 | 8,40 |

Les feuilles où se produit l'anthocyane sont donc plus riches en acides que les vertes. On sait depuis longtemps que la formation des acides organiques « véritables réservoirs d'oxygène combiné », suivant l'expression de Maquenne, se traduit par une fixation d'oxygène et une diminution de $\frac{CO^2}{O^2}$ et que ce dernier coefficient varie en raison inverse de l'acidification. C'est précisément ce que j'ai observé dans les feuilles rouges, qui, fabriquant de plus grandes quantités d'acides que les vertes, fixent plus d'oxygène et ont un quotient respiratoire moins élevé. C'est probablement là que réside la relation entre la pigmentation et les oxydations, et dont la recherche a provoqué cette étude.

Il existe chez les feuilles rouges, par rapport aux feuilles vertes des mêmes espèces, un certain nombre de caractères physiologiques, fixation plus grande d'oxygène et abondance des acides organiques, qui permettent de conclure vraisemblablement : « *que la production de l'anthocyane semble en corrélation avec la formation des acides organiques et que c'est sans doute dans la production de ces acides, accompagnée de l'apparition du pigment rouge, que réside la relation observée depuis longtemps entre les oxydations et la pigmentation.* »

Ce ne serait pas la production de l'anthocyane qui constitue le phénomène d'oxydation, mais la formation d'acides organiques, qui permettraient au pigment rouge de se former. Dans certaines conditions, les feuilles fabriquant de plus grandes quantités d'acides, qui influent sur les processus respiratoires, réalisent dans leurs cellules un milieu favorable au développement de l'anthocyane, qui prendrait naissance de toutes pièces ou dériverait, par réduction, d'un pigment jaune.

La pigmentation chez les végétaux aboutissant à la production de pigments jaunes, rouges, violets ou bleus, il serait intéressant d'étendre cette étude aux fleurs, afin de voir si la relation qui unit la production de l'anthocyane, chez les feuilles, aux oxydations respiratoires peut être généralisée et s'appliquer à tous les cas de pigmentation. Je me propose de revenir sur cette question.

*Travail du Laboratoire de Botanique*
*de la Faculté des Sciences de l'Université d'Alger.*

# L'INULINE
# CHEZ LES VÉGÉTAUX
## GENÈSE ET TRANSFORMATION

*(suite)*

**par M. H. COLIN**

---

Il est facile, tout d'abord, d'y doser le *réducteur*, l'inuline et ses satellites ne réduisant pas le réactif cupro-potassique.

*Le sucre cristallisable* sera évalué par la méthode biochimique. Une première lecture polarimétrique donne $\alpha_1$, la déviation initiale ; après hydrolyse au moyen de l'invertine, on obtient une seconde polarisation, $\alpha_2$ : ces deux données permettent d'évaluer le saccharose (1). On fait parallèlement deux dosages par réduction, l'un avant, l'autre après inversion. On dispose donc de deux méthodes indépendantes pour déterminer la quantité de sucre cristallisable présente dans la liqueur. Ces deux méthodes se contrôlent ; dès que les résultats obtenus par voie optique s'écartent des données acquises par réduction, il y a lieu de soupçonner la présence de substances étrangères au saccharose et se dédoublant, comme lui, sous l'action de la sucrase. C'est précisément la difficulté que l'on rencontre dans l'analyse des tubercules de Topinambour ; le saccharose est toujours accompagné de principes lévogyres, hydrolysables par l'invertine. Si l'enzyme attaque le saccharose bien plus rapidement que le reste, on peut évaluer avec une approximation suffisante la proportion de sucre cristallisable ; sinon, on devra se contenter d'estimer, en bloc, les hydrates de carbone tributaires de l'invertine.

---

(1) Voir H. Colin. Le saccharose dans la Betterave. (*Rev. gén. Bot.*, t. XXVIII, 1916, p. 289 et t. XXIX, 1917, p. 21).

Après inversion par les acides et dosage à la liqueur de Fehling, on aura la totalité des hydrates de carbone compris dans la solution primitive. Il est utile de remarquer que l'inuline et les substances voisines s'hydrolysant avec la plus grande facilité, point n'est besoin de recourir aux fortes doses d'acide qu'emploient souvent les auteurs. L'inuline est complètement hydrolysée en solution à 1 °/₀ d'acide chlorhydrique à 22°, après 1/4 d'heure de séjour au bain-marie à l'ébullition ; dans ces conditions, le lévulose n'est pas attaqué ; on peut même lire au polarimètre sans avoir neutralisé ; à cette concentration l'acide n'influe pas sensiblement sur le pouvoir rotatoire du lévulose.

Les opérations très simples qui précèdent permettent donc d'atteindre aisément le réducteur d'abord, puis le saccharose et les principes hydrolysables par l'invertine, enfin l'inuline et les substances qui s'en rapprochent.

Avec ces seules indications, en combinant les données du polarimètre et celles du dosage par réduction, il est possible de se faire une idée des proportions relatives de glucose et de lévulose renfermées dans les liqueurs ; il serait bien désirable, toutefois, de posséder une méthode indépendante des précédentes, permettant d'évaluer avec une précision suffisante le rapport glucose/lévulose.

Le procédé de destruction du lévulose par l'acide chlorhydrique à l'ébullition, préconisé par Sieben (1), est un procédé brutal et très aléatoire, en ce sens qu'il altère la plupart des substances en solution.

On obtient de meilleurs résultats en attaquant par le brome, à froid, le mélange de dextrose et de lévulose ; le réactif oxyde le sucre aldéhydique en respectant son isomère cétonique ; la réaction terminée, on chasse le brome à l'ébullition, on neutralise, et on dose par réduction. Il est nécessaire d'observer que l'oxydation du glucose s'effectue lentement ; on doit attendre un ou deux jours, et, d'autre part, le lévulose n'est pas absolument épargné.

Pour ces raisons, il est préférable de traiter le mélange d'hexoses par l'iode en milieu alcalin, suivant la méthode indiquée récemment par Bougault (2). En présence d'iode et de carbonate de soude, le

(1) Sieben. (*Zeitschr. für anal. Chem.*, t. XXI, p. 138).

(2) Bougault. (*Journ. Pharm. et Chim.*, 7ᵉ série, t. XVI, p. 97, 1917).

glucose est oxydé ; on dose l'excès d'iode par l'hyposulfite, après avoir neutralisé l'alcali par un acide fort. A côté de la réaction essentielle qui porte sur la fonction aldéhyde du glucose, il se produit une oxydation parasite intéressant les groupements alcool ; Bougault en apprécie l'importance par une série d'affusions d'hyposulfite faites à des temps régulièrement espacés ; il tire de là un terme de correction. Il est facile, d'ailleurs, de rendre inutile cette correction en ajoutant du bicarbonate de soude : la réaction est ralentie et dure à peu près une heure, mais l'oxydation secondaire est négligeable. Il est peut-être plus avantageux (1) de substituer au bicarbonate un mélange de soude et de phosphate disodique $PO^4Na^2H$ ; ce réactif, très constant, semble protéger davantage les fonctions alcool du glucose. Le grand inconvénient de la méthode réside dans ses nombreuses incompatibilités, l'iode se fixant aisément sur toutes sortes de substances, en particulier sur les matières albuminoïdes, d'où l'obligation de déféquer les liqueurs, non seulement à l'acétate basique de plomb, mais, le plus souvent, au réactif de Tanret (2) ; et, même alors, il arrive fréquemment, surtout avec les extraits de feuilles, que le dosage à l'iode révèle une proportion de glucose supérieure à celle qu'indique le polarimètre.

J'ai introduit, dans les tableaux de dosage, le pouvoir rotatoire *global* ou résultant des hydrates de carbone solubles. Lorsqu'il est possible d'obtenir en solution aqueuse l'ensemble des principes hydrocarbonés que renferme un organe, la rotation polarimétrique de la liqueur est la somme des déviations partielles produites par chacune des substances dissoutes. Le pouvoir rotatoire qu'on en déduit est le pouvoir rotatoire global. On le calcule par la formule :

$$[\alpha] = \frac{100\,\alpha}{\pi . l}$$

dans laquelle $\alpha$ désigne la rotation observée, l la longueur du tube en décimètres, et $\pi$ le poids des hydrates de carbone *exprimés en sucre interverti*. Suivant que $\alpha$ désigne la déviation avant ou après inversion, $[\alpha]$ représente le pouvoir rotatoire résultant des hydrates de carbone eux-mêmes, $[\alpha_1]$, ou de leurs produits de dédoublement, $[\alpha_2]$. Dans un mélange de réducteur, de saccharose, de synanthrine, etc., tel qu'il se rencontre dans le tubercule de Topinambour, la détermination de $[\alpha_1]$ donne une première indication sur les proportions respectives de ces différents produits dont on connaît les constantes optiques individuelles ; après inversion chlorhydrique, on se trouve en présence d'un mélange de glucose et de lévulose dont $[\alpha_2]$ mesure le pouvoir rotatoire.

---

(1) Voir H. Colin et O. Liévin. *Bull. Chim. Sucr. Distill.*, juin 1918 et *Bull. Soc. chim.*, juillet 1918).

(2) Tanret. (*Bull. de Thérapeutique*, 1878).

L'épreuve de la fermentation fournit également d'utiles renseignements sur la nature et les transformations des substances hydrocarbonées. Il faut remarquer, à ce propos, que les observations des anciens auteurs sont souvent discutables. Une substance est parfois déclarée non fermentescible, tout simplement parce que l'expérience a été effectuée dans des conditions défavorables au développement de la levure; en d'autres circonstances, on ne s'est pas mis suffisamment à l'abri des actions microbiennes. Il importe donc d'indiquer toujours de quelle façon on a opéré. La synanthrine de Tanret, par exemple, est donnée comme difficilement fermentescible dans l'eau distillée ; en ajoutant des cendres de levure, la fermentation est complète. Dans une expérience de fermentation décrite par Tanret et portant sur le jus de Topinambour dilué, la pseudo-inuline et l'inuline elle-même furent attaquées par la levure.

# CHAPITRE PREMIER

## L'INULINE DANS LE TOPINAMBOUR

### 1. — Répartition des hydrates de carbone dans les différents organes.

Il importe, tout d'abord, de connaître, d'une façon précise, la répartition des hydrates de carbone dans les différents organes. Etudions le Topinambour en août lorsque, le tubercule-mère s'étant complètement vidé, la plante se suffit à elle-même. A ce moment, la tige a presque atteint sa hauteur définitive et les tubercules vont bientôt faire leur apparition. Quels sont les hydrates de carbone élaborés par les feuilles ? Sous quelle forme les retrouve-t-on dans la tige et dans les tubercules très jeunes ?

1° Feuille. — La feuille du Topinambour est connue pour sa richesse en amidon ; les cellules du limbe renferment, en outre, du réducteur et un peu de saccharose. *Jamais on n'y rencontre la moindre trace d'inuline.* Le pouvoir rotatoire du suc est toujours *positif.* Le pétiole offre approximativement la même composition que le limbe ; *pas plus que le limbe, il ne contient d'inuline.* Wöchting (1) s'en était aperçu déjà et mentionnait le fait avec étonnement dans son beau travail sur la greffe Soleil-Topinambour. Ses recherches, il est vrai, étaient purement qualitatives ; il caractérisait l'inuline sur des coupes, par cristallisation à l'intérieur des cellules ; dans ces conditions, de petites quantités d'inuline auraient pu lui échapper.

---

(1) Wöchting. (*Königl. preuss. Akad. der Wissensch.*, 7 juin 1894).

| DATE DES RÉCOLTES | ORGANES ANALYSÉS | $[\alpha_1]$ | HYDRATES DE CARBONE Contenus dans 100 gr. d'organes frais. | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | RÉDUCTEUR | SACCHAROSE | AMIDON |
| 2 v | Limbes | + 35 | 1gr, 42 | 0gr,55 | 1gr,90 |
| 23 v | » | + 21 | 0, 80 | 0, 08 | 1, 11 |
| 19 vi | » | + 1 | 0, 34 | 0, 08 | 1, 01 |
| 7 vii, 19 h. | Parenchyme | + 1 | 0, 09 | 0, 20 | 1, 84 |
| | Nervures secondaires | + 1 | 0, 12 | 0, 09 | 1, 80 |
| | Nervure médiane | + 2 | 0, 31 | 0, 16 | 0, 93 |
| | Pétiole | + 3 | 0, 24 | 0, 14 | 0, 54 |
| 23 viii 18 h. | Parenchyme | + 1 | 0, 08 | 0, 12 | 0, 40 |
| | Nervures et pétiole | + 25 | 0, 21 | 0, 28 | 0, 20 |
| 5 ix | Limbes | + 40 | 0, 47 | 0, 45 | 0, 30 |
| 15 ix | » | + 12 | 0, 27 | 0, 36 | 0, 25 |
| 20 ix | » | + 2 | 0, 30 | 0, 09 | 0, 15 |
| 21 ix | » | + 11 | 0, 11 | 0, 16 | 0, 15 |
| 25 ix | Parenchyme | + 1 | 0, 22 | 0, 12 | |
| | Nervures et pétiole | + 2 | 0, 28 | 0, 36 | |
| 29 ix, 16 h. | Parenchyme | + 1 | 0, 34 | 0, 29 | 0, 60 |
| | Nervures et pétiole | + 15 | 0, 56 | 0, 46 | 0, 50 |
| 1 x, 16 h. | Parenchyme | + 1 | 0, 10 | 0, 30 | 0, 20 |
| | Nervures | + 35 | 0, 20 | 0, 15 | |

2° Tige. — Les hydrates de carbone élaborés dans le limbe des feuilles sont délivrés, par le pétiole, à la tige, sous forme d'un mélange de sucres à pouvoir rotatoire positif. Si la tige ne jouait qu'un simple rôle de conduction, ce mélange, plus ou moins appauvri et transformé, se retrouverait du haut en bas. En réalité, la polymérisation des sucres à l'état d'inuline commence dans la tige.

Durant la période de croissance, la tige ne renferme qu'une faible quantité d'hydrates de carbone, les sucres apportés par le pétiole servant aussi vite à l'édification des tissus ; dès ce moment, toutefois, elle possède de l'inuline, en proportion d'autant plus grande qu'on se rapproche davantage de la base ; le pouvoir rotatoire résultant, positif au sommet, diminue progressivement et devient négatif au niveau du sol.

A mesure que la végétation se poursuit, la proportion d'inuline augmente sur toute la longueur de la tige ; à la maturité, la tige et les tubercules renferment sensiblement le même mélange d'hydrates de carbone.

Dans le tableau qui suit, j'ai fait figurer les pouvoirs rotatoires résultants, $[\alpha_1]$ et $[\alpha_2]$, avant et après inversion, le sucre total, le réducteur, le saccharose et l'inuline, en comprenant sous le nom d'inuline les principes lévogyres voisins de l'inuline proprement dite, et non hydrolysables par l'invertine. Bien entendu, le rapport de chacune de ces substances au sucre total importe seul, les valeurs absolues subissent des variations considérables aux différents niveaux de la tige et suivant les conditions de la végétation. C'est pourquoi, lorsqu'on veut établir des comparaisons entre les diverses parties de la tige, il ne faut admettre que des dosages effectués le même jour, sur le même sujet.

| DATE DES RÉCOLTES | ORGANES ANALYSÉS | POUVOIR ROTATOIRE RÉSULTANT | | HYDRATES DE CARBONE Contenus dans 100 gr. d'organes frais. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $[\alpha_1]$ | $[\alpha_2]$ 15° | SUCRE TOTAL | RÉDUCTEUR | SACCHAROSE | INULINE |
| 31, VII | Sommet. | + 32 | » | $0^{gr},70$ | $0^{gr},27$ | $0^{gr},40$ | » |
| | Milieu . | + 7 | » | 0,92 | 0,21 | 0,52 | » |
| | Base . . | − 18 | − 65 | 3,36 | 0,12 | 0,90 | 2,90 |
| 8, VIII | Sommet. | + 29 | » | 0,94 | 0,54 | 0,22 | |
| | Milieu . | + 2 | » | 1,10 | 0,20 | 0,30 | 0,50 |
| | Base . . | − 15 | » | 2,67 | 0,08 | 0,40 | 1,86 |
| 5, IX | Sommet. | − 17 | − 62 | 11,60 | 0,80 | | |
| | Milieu . | − 19 | − 64 | 7,02 | | | |
| | Base . . | − 21 | − 66 | 5,40 | 0,60 | | |
| 20, IX | Sommet. | − 17 | − 67 | 6,43 | 0,58 | | |
| 21, IX | Sommet. | − 19 | − 71 | 11,74 | | | |
| | Milieu . | − 20 | − 77 | 9,02 | | | |
| | Base . . | − 20 | − 78 | 7,94 | | | |
| 25, IX | Sommet. | − 20 | − 68 | 6,91 | 0,69 | | |

3° TUBERCULE. — Le mélange d'hydrates de carbone que l'on rencontre à la base de la tige est très voisin, par sa composition, de celui qui se trouve dans les jeunes tubercules. Ceux-ci renferment du réducteur en petite quantité, un peu de saccharose, surtout de l'inuline proprement dite, accompagnée d'autres lévulosanes moins lévogyres et dont les plus solubles sont attaquées par l'invertine. Sous la rubrique saccharose, figure la fraction hydrolysable par l'invertine ; tout le reste est appelé inuline.

a) *Réducteur*. On peut affirmer que, du sommet de la tige jusqu'aux tubercules, le rapport du réducteur au sucre total ne fait que décroître. Certains auteurs (1) ont prétendu que les tubercules, dans les débuts, sont pleins de réducteur qui se condense progressivement à l'état d'inuline. Je n'ai jamais rien observé de semblable ; quand le réducteur est si peu abondant à la base de la tige, quand les stolons eux-mêmes n'en renferment que des traces, comment les jeunes tubercules en seraient-ils remplis?

| DATE DE LA RÉCOLTE | POIDS DES TUBERCULES | HYDRATES DE CARBONE Contenus dans 100 grammes de poids frais | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | SUCRE TOTAL | RÉDUCTEUR | SACCHAROSE | INULINE |
| 28, VII | 2 gr. | 10$^{gr}$90 | 0$^{gr}$03 | 1$^{gr}$60 | 8$^{gr}$35 |
| 2, VIII | stolons | 8,01 | 0,05 | 1,25 | 6,07 |
| | 1 gr. | 9,15 | 0,06 | 1,15 | 7,12 |
| | 10 gr. | 7,38 | 0,06 | 1,34 | 4,39 |
| 8, VIII | 15 gr. | 8,71 | 0,05 | 1,25 | 6,69 |
| 7, IX | 5 gr. | 11,50 | 0,07 | | |
| | 15 gr. | 10,16 | 0,06 | | |
| | 25 gr. | 9,85 | 0,07 | | |
| 8, IX | 20 gr. | 9,01 | 0,05 | 1,20 | 6,97 |
| 15, X | 35 gr. | 10,34 | 0,07 | | |
| 17, XI | 32 gr. | 12,80 | 0,08 | 2,08 | |

b) *Saccharose*. Le saccharose est toujours présent dans les tubercules de Topinambour : en effet, le pouvoir rotatoire des liquides provenant des épuisements par l'alcool est voisin de zéro, souvent légèrement *positif* ; d'autre part, les extraits aqueux qui renferment la totalité des hydrates de carbone ont un pouvoir rotatoire sensiblement égal à — 20, donc très inférieur à celui de l'inuline ; corrélativement, le pouvoir rotatoire, après hydrolyse acide, ne dépasse pas — 75 à 15°, chiffre très éloigné de — 94 que donnerait le lévulose à la même température. Il existe donc, dans le tubercule, une substance dextrogyre dont le dédoublement produit une certaine quantité de glucose. Si l'on ajoute que ce corps est hydrolysable par l'invertine, on aura caractérisé le saccharose par ses propriétés essentielles.

---

(1) H. Fischer. (*Cohns Beitr.*, t. VIII, p. 93, 1898).

c) *Inuline.* On a coutume de désigner sous le nom d'inuline la réserve hydrocarbonée totale du Topinambour. En réalité, Tanret a retiré du suc des tubercules cinq principes lévogyres bien définis : l'inuline, la pseudo-inuline, l'inulénine, l'hélianthénine et la synanthrine, dont le tableau suivant résume les propriétés. ($P_m$ : poids moléculaire ; $[\alpha_1]$ : pouvoir rotatoire direct ; $[\alpha'_2]$ : pouvoir rotatoire après inversion, rapporté au sucre formé ; $\frac{g}{l}$ : rapport du glucose au lévulose dans les produits d'hydrolyse, calculé d'après $[\alpha_2]$ ; f : point de fusion ; F : fermentescibilité.)

| | $P_m$ | $[\alpha_1]$ | $[\alpha_2]$ à 22° | $\frac{g}{l}$ | f | F |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Inuline . . . | 4827 | —39,5 | —81,3 | 0,06 | 178 | ne fermente pas |
| Pseudo-inuline . | 2610 | —32,2 | —72 | 0,13 | 175 | ne fermente pas |
| Inulénine. . . | 1645 | —29,6 | —70 | 0,15 | | ne fermente pas |
| Hélianthénine . | 1924 | —23,5 | —63,8 | 0,22 | 176 | fermente difficilement |
| Synanthrine. . | 1319 | —17 | —64,5 | 0,21 | 170 | fermente |

Ces principes sont-ils déjà représentés dans les tubercules très jeunes ? Tanret l'affirme et donne, pour chacun d'eux, les proportions suivantes rapportées à un litre de suc : Inuline, 52 g. ; Pseudo-inuline, $0^g$, 6 ; Inulénine, 24 g. ; Hélianthénine, $14^g$, 4 ; Synanthrine, 122 g. ; si l'on ajoute 30 g. de saccharose et 9 g. de réducteur, on obtient la totalité des hydrates de carbone renfermés dans un litre de suc, soit 252 g.

Malheureusement, les tubercules auxquels se rapportent ces résultats, récoltés le 30 octobre dans un état peu avancé, du dire de l'auteur, ne furent analysés que le 20 juin, après avoir passé en cave l'hiver et le printemps ; ils s'étaient assez desséchés pour que la densité de leur suc, qui était de 1,09 lors de la récolte, atteignit 1,41 lors de l'expérience. On ne peut admettre que cette analyse, reproduite par la plupart des auteurs, exprime la composition des tubercules jeunes, à moins de supposer, à l'encontre des faits, que ces tubercules n'avaient subi, pendant des mois, aucune transformation.

Il est facile, d'ailleurs, de calculer, d'après les données mêmes de Tanret, le pouvoir rotatoire global du suc analysé par lui ; il suffit d'écrire que le produit du pouvoir rotatoire résultant $[\alpha_r]$ par le poids total P des hydrates de carbone est égal à la somme des produits partiels $\pi\,[\alpha]$, où $\pi$ désigne le poids et $[\alpha]$ le pouvoir rotatoire de chaque substance. On trouve ainsi une valeur voisine de — 13 ; or, le pouvoir rotatoire du suc, dans les tubercules jeunes, ne dépasse pas — 20, et c'est là un nombre trop faible encore en valeur absolue puisque, dans le calcul qui permet de l'obtenir, les hydrates de carbone sont exprimés en sucre interverti. Il faut en conclure que, dans les tubercules en voie de formation, la proportion d'inuline est plus élevée que ne l'indique l'analyse de Tanret. Vraisemblablement, l'auteur pensait que la composition des jeunes tubercules, en ce qui concerne les hydrates de carbone, est différente de celle des tubercules adultes, les lévulosanes faiblement lévogyres, la synanthrine en particulier, évoluant à l'inuline proprement dite, à mesure que la maturité approche. Ce point de vue ne saurait être accepté. Les pouvoirs rotatoires des extraits de tubercules évalués avant et après inversion restent à peu près les mêmes pendant toute la durée du développement et égaux à — 20 et à — 75, respectivement. L'évolution s'effectue en sens inverse : ce sont les tubercules adultes qui se transforment au cours de la période de repos, l'inuline se convertissant partiellement en synanthrine et en saccharose.

L'inuline, accompagnée de pseudo-inuline et d'inulénine dans une proportion difficile à déterminer, est prépondérante dans les Topinambours en voie de formation, aussi bien que dans les tubercules adultes ; mais les principes lévogyres hydrolysables par l'invertine sont représentés, eux aussi, à côté du saccharose. Lorsqu'on soumet à l'action de la sucrase le suc déféqué des tubercules, on observe, dans le calcul du saccharose, une divergence entre les résultats obtenus par les deux méthodes, optique et chimique ; cette divergence ne fait que s'accentuer à mesure que l'hydrolyse se poursuit. Les nombres trouvés pour le saccharose par voie réductrice sont supérieurs à ceux que donne le polarimètre ; c'est la preuve qu'une ou plusieurs substances, étrangères au sucre cristallisable, sont hydrolysées par l'invertine ; les produits d'hydrolyse de ces substances réduisent la liqueur cupro-potassique dans la même proportion que le dextrose et le lévulose issus du saccharose, mais l'intervalle $\alpha_1$-$\alpha_2$ des déviations polarimétriques avant et après inversion est plus faible que celui qui correspond au saccharose. La synanthrine est dans ce cas : hydrolysée, elle donne du lévulose surtout et un peu de glucose ; en même temps, son pouvoir rotatoire passe de — 17 à — 64,5 à 22°. Dans les mêmes circonstances, le pouvoir rotatoire du sucre cristallisable recule de + 66,5 à — 18. Si l'écart $\alpha_1$-$\alpha_2$ caractéristique de la synanthrine se trouve, dans les calculs, divisé par le coefficient propre au saccharose, il en résulte une divergence profonde entre les données du polarimètre et celles que l'on obtient par réduction.

L'étude de la fermentation des jus de Topinambour finira de nous éclairer sur la nature des hydrates de carbone qui s'y trouvent en solution. Les tubercules jeunes et adultes fermentent très incomplètement; dans l'industrie, les sucs traités à l'automne doivent, avant d'être soumis à l'action de la levure, subir une hydrolyse par les acides ; au contraire, en février-mars, les tubercules se prêtent directement à la fermentation. L'interprétation paraît évidente si l'on tient compte de ces deux faits que l'inuline ne fermente pas directement, tandis que le saccharose et la synanthrine sont facilement hydrolysables par l'invertine. Les tubercules en voie de formation ou parvenus à maturité contiennent surtout de l'inuline ; après l'hiver, le suc est riche en saccharose et en synanthrine. Il est à remarquer que le suc des tubercules analysés par Tanret dans les conditions que l'on sait fermentait presque intégralement, ce qui achève d'établir que sa composition ne correspondait plus à celle des tubercules récoltés en octobre.

### 2. — Genèse de l'inuline dans le Topinambour.

On peut désormais se faire une idée exacte de la façon dont l'inuline et les principes voisins s'accumulent dans les tubercules de Topinambour.

L'hypothèse d'après laquelle l'inuline serait élaborée par les feuilles doit être rejetée d'une façon absolue : *à aucun moment, les feuilles de Topinambour ne renferment trace d'inuline.*

Il faut renoncer également à faire des tubercules le siège *unique* de la condensation du réducteur à l'état d'inuline.

L'inuline fait son apparition dans les tissus de la tige. Elle ne peut provenir que de la transformation des hydrates de carbone, réducteur, saccharose, amidon, élaborés par les cellules du parenchyme foliaire et délivrés, par le pétiole, à la tige ; ce sont, par conséquent, des principes *dextrogyres*, du glucose presque exclusivement, qui servent de matière première dans la synthèse de l'inuline, à l'intérieur des tissus de la tige. Si étrange que paraisse cette conclusion, elle s'impose comme conséquence des faits observés.

L'analyse des tiges de *Topinambour* greffées en *Soleil* donne de ces idées une démonstration expérimentale. Si l'on ente, sur une tige de Topinambour, en greffe totale, un rameau de grand Soleil, en prenant soin de supprimer toutes les feuilles du sujet, le Topinambour, tige et racines, n'est plus alimenté que par le rameau de Soleil. A quelque niveau que soit inséré le greffon Soleil, on constate une *discontinuité* dans le signe optique du suc, de part et d'autre de la greffe ; l'inuline est présente immédiatement au-dessous du bourrelet (1) ; or, la tige du soleil ne renferme pas d'inuline mais seulement du réducteur où domine le glucose, du saccharose et de l'amidon, tous hydrates de carbone à pouvoir rotatoire positif.

| PARTIES ANALYSÉES | SIGNE OPTIQUE DU SUC | HYDRATES DE CARBONE Pour 100 grammes d'organes frais | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | RÉDUCTEUR | SACCHAROSE | AMIDON | INULINE |
| Greffon Topinambour | — | 0$^{gr}$51 | 1$^{gr}$26 | | 5$^{gr}$06 |
| Sujet Soleil | + | 0,40 | 0,70 | 0$^{gr}$50 | 0 |
| Greffon Soleil | + | 1,47 | 0,70 | 0,32 | 0 |
| Sujet Topinambour | — | 0,42 | 0,33 | | 2,42 |

La synthèse de l'inuline s'effectue donc tout le long de la tige ; à mesure qu'on se rapproche des tubercules, l'inuline prédomine dans l'ensemble des hydrates de carbone ; autrement dit, le rapport de l'inuline au sucre total, nul dans les feuilles, ne fait que croître du haut en bas de la tige, pour atteindre son maximum dans les tubercules. Cette conclusion se dégage d'une façon particulièrement nette de cette série de dosages effectués, sur le même sujet, au début du mois d'août, après une journée chaude et lumineuse.

---

(1) Voir H. Colin et Mlle Trouard-Riolle. (*C. R. Ac. Sc.*, t. CLXVI, p. 856, 1918).

| ORGANES ANALYSÉS | HYDRATES DE CARBONE Rapportés à 100 grammes de matériel frais | | | | | INULINE |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | SUCRE TOTAL | RÉDUCTEUR | SACCHAROSE | AMIDON | INULINE | SUCRE TOTAL |
| Parenchyme foliaire . . | | 0$^{gr}$09 | 0$^{gr}$20 | 1$^{gr}$84 | 0 | 0 |
| Nervures secondaires . | | 0,12 | 0,16 | 1,93 | 0 | 0 |
| Nervure médiane . . | | 0,31 | 0,09 | 0,93 | 0 | 0 |
| Pétiole . . . . . . . | | 0,24 | 0,14 | 0,50 | 0 | 0 |
| Tige sommet . . . | 0$^{gr}$94 | 0,54 | 0,22 | | 0$^{gr}$15 | 0,15 |
| Tige milieu . . . . | 1,16 | 0,10 | 0,19 | | 0, 74 | 0,63 |
| Tige base . . . . | 2,67 | 0,08 | 0,40 | 0 | 1, 86 | 0,69 |
| Racine pivotante . . . | 5,81 | 0,09 | 0,57 | 0 | 4, 39 | 0,75 |
| Stolons . . . . . . | 8,01 | 0,07 | 0,75 | 0 | 6, 57 | 0,82 |
| Petits tubercules (1$^{gr}$) . | 9,15 | 0,07 | 0,85 | 0 | 7, 42 | 0,81 |
| Gros tubercules (10,20$^{gr}$). | 7,38 | 0,06 | 0,54 | 0 | 6, 31 | 0,85 |

Comment s'opère la condensation des sucres sous forme d'inuline dans la tige et les tubercules ? Le glucose que reçoivent les cellules est-il, au préalable, converti en lévulose ? Ces phénomènes sont-ils de nature diastasique ? La science ne peut donner à ces questions, pour le moment, aucune réponse satisfaisante. Chaque fois que l'on tente de reproduire, *in vitro*, la synthèse de l'inuline, en plaçant au contact de solutions de glucose ou même de lévulose, des fragments de tiges, de tubercules ou le suc d'expression de ces organes, on se heurte à un échec aussi complet que lorsqu'on essaye de réaliser la condensation du sucre interverti à l'état de saccharose, au moyen de la pulpe de Betterave (1).

### 3. — Transformation de l'inuline à l'intérieur des tubercules de Topinambour, pendant la période de repos.

L'analyse des tubercules de Topinambour, durant les mois d'automne et d'hiver, révèle les faits suivants :

---

(1) Voir H. Colin. (*Bull. Chim. Suer. Distill.*, t. XXXV, p. 171, 1917).

1° Le pouvoir rotatoire direct du suc, égal, en octobre et novembre, à — 20 environ, se rapproche peu à peu de 0 et, finalement, devient positif.

2° Corrélativement, le pouvoir rotatoire, après inversion chlorhydrique, diminue en valeur absolue et passe de — 75 à — 55.

3° D'ailleurs, la richesse des tubercules en hydrates de carbone reste sensiblement la même et le réducteur n'augmente pas d'une façon appréciable pendant la période de repos.

| DATE DES ANALYSES | POUVOIR ROTATOIRE RÉSULTANT | | HYDRATES DE CARBONE pour 100gr de pulpe fraîche | |
|---|---|---|---|---|
| | $[\alpha_1]$ | $[\alpha_2]$ | SUCRE TOTAL | RÉDUCTEUR |
| 15 octobre | — 19 | — 72 | $10^{\text{gr}}34$ | $0^{\text{gr}}06$ |
| 17 novembre | — 20 | — 72 | 12,80 | 0,07 |
| 15 décembre | 0 | — 62 | 12,16 | 0,11 |
| 15 janvier | + 2 | — 57 | 12,42 | 0,10 |
| 25 — | + 5 | — 56 | 10,80 | 0,09 |
| 1er février | + 2 | — 58 | 11,01 | 0,12 |
| 5 — | + 5 | — 58 | 10,72 | 0,10 |
| 10 — | + 4 | — 54 | 11,02 | 0,10 |
| 11 — | + 8 | — 53 | 10,95 | 0,11 |
| 20 mars | + 11 | — 50 | 10,87 | 0,12 |

La conclusion la plus générale qui se dégage de ces faits peut être ainsi formulée : il se produit, de l'automne au printemps, dans le tubercule de Topinambour, *une altération lente de l'inuline qui se traduit par l'augmentation de la proportion de glucose dans le sucre total;* en conséquence, le pouvoir rotatoire croît algébriquement.

On songe immédiatement à la transformation de l'inuline en ses satellites, hélianthénine, synanthrine... etc., moins lévogyres et plus riches en glucose que l'inuline proprement dite ; l'interprétation a du vrai, mais elle ne saurait expliquer le changement de signe du suc ; en l'absence presque complète de réducteur, force est d'admettre qu'il apparaît, dans les tubercules, une proportion de saccharose plus que suffisante pour neutraliser optiquement les lévulosanes.

Entre l'inuline qui renferme, dans sa molécule, un douzième seulement de dextrose, d'après Tanret (1), et le saccharose formé de parties égales de dextrose et de lévulose, existe-t-il toute une gamme de produits intermédiaires ou seulement un petit nombre de substances bien définies, telles que la synanthrine de Tanret ?

En toute hypothèse, l'inuline qui, selon les vues de Tanret, doit être considérée comme une gluco-lévulosane à faible teneur en glucose, se dégrade, dans les tubercules de Topinambour, à l'état de gluco-lévulosanes de poids moléculaire moins élevé et contenant du dextrose en plus grande quantité. A mesure que le glucose prend plus d'importance dans la molécule, le pouvoir rotatoire direct tend vers 0, tandis que le pouvoir rotatoire des produits d'hydrolyse croît également, en valeur algébrique. Chose remarquable, les plus riches en dextrose, parmi ces substances, tombent sous l'action de l'invertine de levure (1).

En affirmant que la synanthrine, pour ne citer qu'elle, est un produit de dégradation de l'inuline, on ne veut pas dire qu'elle représente un simple fragment de la molécule, plus complexe, de l'inuline. Il est difficile d'apercevoir, entre la synanthrine et l'inuline, les mêmes relations qu'entre les dextrines et l'amidon ; les dextrines, en effet, tout comme l'amidon, donnent, au terme de leur dédoublement, du glucose, tandis que le mélange de dextrose et de lévulose issu de la synanthrine est quatre fois plus riche en glucose que les produits d'hydrolyse de l'inuline. La transformation qui s'effectue à la longue dans les tubercules de Topinambour ne consiste donc pas uniquement dans le morcellement de l'inuline; elle n'est pas le fait d'une diastase hydrolysante, au sens ordinaire de cette expression, car le propre d'un tel enzyme est de séparer les composants, sans provoquer aucune isomérisation.

---

(1) Tanret a trouvé — 81,3 pour le pouvoir rotatoire de l'inuline chauffée pendant une heure, en solution aqueuse à 10 °/o d'acide acétique ; ce chiffre, assez éloigné du pouvoir rotatoire du lévulose pur (— 92 à 22°) correspond à un mélange de dextrose et de lévulose, à raison de une partie de glucose pour 12 parties de lévulose. De plus, en traitant par la chaux les produits d'hydrolyse de l'inuline, Tanret a vu s'élever jusqu'à + 8,6 le pouvoir rotatoire des eaux de lavage du lévuloside de chaux. Le même traitement, appliqué aux satellites de l'inuline : pseudo-inuline, inulénine, hélianthénine, synanthrine, permet d'identifier, dans ces corps, le glucose en proportion considérable.

Cependant, d'après Bourquelot (*C. R. Ac. Sc.*, t. CXVI, p. 1143, 1893), l'inuline de l'*Atractylis gummifera*, hydrolysée par l'inulase d'*Aspergillus niger*, « se transforme presque en totalité en lévulose. »

(1) L'action spécifique de l'invertine se traduit par le décrochement de la molécule de lévulose qui est partie constituante de certains polysaccharides : saccharose, raffinose, gentianose, stachyose. A cette liste des corps tributaires de la sucrase, il faut ajouter la synanthrine, l'hélianthénine et, vraisemblablement, beaucoup d'autres polyoses complexes, lévogyres, qui non seulement fermentent en présence de levure, mais sont hydrolysés, *in vitro*, par l'invertine. Il est remarquable que, des cinq lévulosanes identifiées dans les tubercules de Topinambour, celles-là précisément tombent sous l'action de l'invertine qui sont plus riches en glucose.

Au nombre des produits de dégradation de l'inuline, plusieurs auteurs citent la *lévuline* de Ville et Joulie (1) que Dieck et Tollens (2) proposaient d'appeler synanthérine en critiquant le nom impropre de synanthrose préconisé par Popp (3). Traitant le jus de Topinambour par l'alcool, Ville et Joulie obtenaient une substance amorphe, soluble dans l'eau, inactive sur la lumière polarisée, d'une saveur douceâtre, mais ne réduisant pas directement la liqueur de Fehling. L'année suivante, sans faire allusion à la lévuline de Ville, Dubrunfaut signalait la présence, dans les tubercules récoltés en février-mars, d'un produit gommeux, optiquement neutre, subissant la fermentation alcoolique sans perdre sa neutralité optique. Tanret a démontré que cette substance inactive n'est autre chose qu'un mélange, à proportions variables, de saccharose et de principes voisins de l'inuline. A diverses reprises, j'ai traité par l'alcool fort, en suivant les indications de Ville et de Dubrunfaut, le suc des tubercules de Topinambour. Il se précipite, en effet, une substance gommeuse, intégralement soluble dans l'eau et ne réduisant la liqueur cupro-potassique qu'après hydrolyse; mais la solution aqueuse de cette substance *n'est jamais optiquement neutre :* son pouvoir rotatoire, toujours négatif, *varie* suivant l'époque du traitement et même d'une opération à l'autre; de plus, le produit n'est que *partiellement* dédoublé par l'invertine. De toute évidence, il s'agit donc d'un mélange de saccharose, de synanthrine et de principes voisins de l'inuline. Il ne devrait plus être question, sinon au point de vue historique, de la lévuline du tubercule de Topinambour.

Il est presque impossible de doser d'une façon précise chacun des principes lévogyres signalés par Tanret dans le Topinambour. Le procédé de séparation indiqué par l'auteur est trop compliqué pour se prêter à des analyses fréquentes; il ne semble pas, d'ailleurs, absolument rigoureux. La méthode biochimique ne permet pas même d'évaluer le saccharose avec exactitude, l'invertine hydrolysant d'autres substances, telles que la synanthrine, avec une vitesse appréciable. On doit se contenter, le plus souvent, de déterminer, sur les jus déféqués, la totalité des hydrocarbones attaqués par la sucrase. On s'aperçoit alors que la proportion des principes hydrolysés par l'invertine *augmente* à mesure que le pouvoir rotatoire résultant se déplace vers la droite.

---

(1) Ville et Joulie. *(Moniteur scientifique*, t. X, p. 836, 1866).

(2) Dieck et Tollens. *(Liebigs Annalen*, t. IICC, p. 228, 1879).

(3) Popp. *(Liebigs Annalen*, t CLVI, p. 181).

(*A suivre*)

# VARIATION
# DES SUBSTANCES HYDROCARBONÉES
# DANS LES FEUILLES

**par M. Émile MICHEL-DURAND**

*(suite)*

---

**Caractères généraux.** — 1° Le Lierre rampant est adapté à la végétation sous bois ;

2° il ne présente pas d'appareil reproducteur ;

3° la poussée de stolons et de feuilles s'effectue pendant toute la belle saison de mars à septembre.

Il a été effectué sur ces feuilles deux séries d'analyses. Dans un premier tableau, N° VII, j'ai résumé le résultat des analyses se rapportant à toute la série des récoltes de juin à juin de l'année suivante, en partant des jeunes feuilles (24 juin 1912) pour aboutir aux feuilles coriaces (20 juin 1913). Dans un deuxième tableau, N° VIII, j'ai donné les résultats relatifs aux feuilles coriaces cueillies de juin à décembre 1912.

Comme je l'ai fait jusqu'ici, les résultats sont rapportés :

1° à 1000 feuilles, tableau VII ;

2° à 100 gr. de substance sèche, tableau VII *bis*.

Le tableau VII permet de tirer les conclusions suivantes :

1° Les sucres réducteurs diminuent de juin à novembre, où ils passent par un minimum, augmentent ensuite régulièrement jusqu'en janvier, persistent en quantité sensiblement constante jusqu'en mai, puis paraissent augmenter légèrement jusqu'en juillet suivant, époque du maximum.

La loi de variation des monosaccharides est sensiblement la même que pour les feuilles de Laurier-cerise avec correspondance

# TABLEAU VII

## FEUILLES DE LIERRE

RÉSULTATS DES ANALYSES, EN GRAMMES, RAPPORTÉS A 1000 FEUILLES SANS PÉTIOLE

| DATES DES RÉCOLTES | SUCRES SOLUBLES DANS L'ALCOOL | | | SUCRES SOLUBLES DANS L'EAU DEXTRINES | TOTAL | GLUCOSIDES | POLYSACCHARIDES INSOLUBLES | | | | TOTAL DES SUCRES INSOLUBLES | TOTAL DES SUCRES SOLUBLES et INSOLUB | POIDS SEC DE 1000 feuil. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Réducteurs | non réduct. | Sucres non dédoublés par l'invertine : non pptés par l'acétate de Plomb | | | | AMIDON | Amyloïdes | HÉMICELLULOSES | Celluloses facilem. hydrolys | | | |
| 24 Juin | 6, 600 | 2, 600 | 3, 875 | 0, 157 | 13, 332 | 8, 375 | 0,670 | 2, 250 | 2,190 | 1, 650 | 6, 760 | 28, 337 | 113,730 |
| 13 Août | 5, 900 | 4, 300 | 3, 300 | 0, 300 | 12, 800 | 9, 200 | 0,540 | 2, 350 | 2,100 | 1, 875 | 6, 835 | 29, 795 | 127,150 |
| 9 Sept$^{bre}$ | 4, 600 | 4, 250 | 2, 850 | 0, 200 | 11, 900 | 10, 575 | 1,300 | 1, 300 | 2,850 | 1, 475 | 6, 935 | 29, 410 | 114,810 |
| 29 Oct$^{bre}$ | 3, 850 | 7, 550 | 1, 600 | 0, 250 | 13, 250 | 10, 705 | 0,430 | 1, 800 | 2,350 | 0, 825 | 5, 405 | 29, 360 | 131,625 |
| 4 Déce$^{bre}$ | 4, 150 | 10, 850 | 0 | 0, 520 | 15, 520 | 9, 480 | 0,610 | 2, 450 | 2,125 | 0, 250 | 5, 435 | 30, 435 | 134,750 |
| 31 Déc$^{bre}$ | 4, 720 | 26, 680 | 3, 700 | 0, 400 | 35, 500 | 9, 950 | 0 | 3, 200 | 1,600 | 0, 850 | 5, 650 | 51, 100 | 137,420 |
| 31 Janv$^{er}$ | 5, 000 | 22, 300 | 6, 850 | 0, 200 | 34, 150 | 13, 050 | 0 | 3, 200 | 1,800 | 0, 900 | 5, 900 | 53, 300 | 131,500 |
| 14 Mars | 4, 600 | 14, 935 | 0 | 0, 050 | 19, 585 | 17, 225 | 4,925 | 2, 380 | 1,325 | 0, 800 | 9, 430 | 46, 240 | 149,382 |
| 19 Avril | 4, 800 | 10, 350 | 0, 650 | 0, 075 | 15, 875 | 23, 100 | 18,680 | 3, 640 | 1,725 | 0, 750 | 24, 795 | 63, 870 | 16, 3875 |
| 20 Juin | 5, 500 | 5, 800 | 2, 300 | 0, 060 | 13, 660 | 15, 660 | 2,000 | 2, 900 | 1,250 | 0. 625 | 6, 775 | 36, 095 | 138 ,045 |

**Remarque.** — Les feuilles de juin de la première récolte étaient de jeunes feuilles du printemps de la même année ; les feuilles de juin de la dernière récolte étaient des feuilles de la même génération mais ayant par conséquent un an de plus.

## TABLEAU VII *bis*

## FEUILLES DE LIERRE

RÉSULTATS DES ANALYSES, EN GRAMMES, RAPPORTÉS A 100 GR. DE SUBSTANCE SÈCHE

| DATES DES RÉCOLTES | SUCRES SOLUBLES DANS L'ALCOOL | | | | SUCRES SOLUBLES dans l'eau | TOTAL DES SUCRES SOLUBLES | GLUCOSIDES | POLYSACCHARIDES INSOLUBLES | | | | TOTAL DES SUCRES INSOLUB. | TOTAL DES SUCRES SOLUBLES et INSOLUB. | RAPPORT du poids sec au poids frais |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Réducteurs | non Réduct. | Non dédoublés par l'invertine; non pptés par l'acétate de Pb. | Glucosides | DEXTRINES | | | AMIDON | Amyloïdes | HÉMICELLULOSES | Celluloses facilement hydrolys. | | | |
| 24 Juin | 5, 803 | 2, 280 | 3, 319 | 2,066 | 0,137 | 11,339 | 7,425 | 0,589 | 1,978 | 1,926 | 1,451 | 5,944 | 24,708 | 0,290 |
| 13 Août | 4, 640 | 3, 390 | 2, 595 | 3,634 | 0,236 | 10,861 | 7,129 | 0,401 | 1,850 | 1,651 | 1,475 | 5,377 | 23,441 | 0,311 |
| 9 Sept$^{bre}$ | 4, 006 | 3, 702 | 2, 482 | 3,050 | 0,174 | 10,364 | 8,212 | 1,130 | 1,140 | 2,482 | 1,285 | 6,037 | 25,613 | 0,304 |
| 29 Oct$^{obre}$ | 2, 925 | 5, 735 | 1, 215 | 3,000 | 0,190 | 10,066 | 8,208 | 0,326 | 1,525 | 1,785 | 0,627 | 4,263 | 22,537 | 0,348 |
| 4 Déc$^{bre}$ | 3, 080 | 8, 051 | 0 | 2,968 | 0,385 | 11,516 | 10,003 | 0,451 | 1,815 | 1,576 | 0,186 | 4,028 | 22,579 | 0,367 |
| 31 Déc$^{bre}$ | 3, 435 | 19, 400 | 2, 692 | 2,765 | 0,291 | 25,818 | 7,241 | 0 | 2,327 | 1,164 | 0,618 | 4,109 | 37,168 | 0,377 |
| 31 Jan$^{vier}$ | 3, 802 | 17, 000 | 5, 200 | 5,200 | 0,152 | 26,154 | 9,554 | 0 | 2,433 | 1,368 | 0,684 | 4,485 | 40,553 | 0,400 |
| 14 Mars | 3, 080 | 10, 000 | 0 | 3,078 | 0,034 | 13,114 | 11,528 | 3,296 | 1,593 | 0,887 | 0,535 | 6,311 | 30,953 | 0,402 |
| 19 Avril | 2, 610 | 5, 628 | 0, 353 | 3,317 | 0,041 | 8,676 | 12,615 | 10,150 | 1,978 | 0,938 | 0,408 | 13,474 | 34,721 | 0,459 |
| 20 Juin | 4, 000 | 4, 214 | 1, 700 | 3,500 | 0,043 | 9,957 | 11,344 | 1,450 | 2,101 | 0,906 | 0,453 | 4,910 | 26,211 | 0,342 |

presque parfaite des maxima et des minima. Cependant chez le Lierre, contrairement à ce qui se passe chez le Laurier-cerise, le maximum de juillet l'emporte sur celui de janvier. Les considérations faites précédemment s'appliquent encore dans ce cas. Il semblerait donc que la présence ou l'absence d'appareil reproducteur n'entraîne pas de perturbation sensible dans la loi de variation, non seulement des sucres réducteurs des feuilles, mais en général de tous les principes hydrocarbonés. Le sens de variation est identique pour tous les sucres et les seules différences portent sur les valeurs absolues des maxima et des minima. Toutefois, il serait intéressant d'étudier, à ce point de vue, les feuilles de Lierre grimpant, à évolution normale, (j'entends par là qu'il est pourvu d'un appareil fructifère bien développé) comparativement aux feuilles de Lierre en massifs dépourvues d'appareil reproducteur. La richesse en sucres réducteurs des feuilles pendant toute la belle saison, semble indiquer une intensité considérable de l'assimilation chlorophyllienne ; il n'y a en effet aucune raison de supposer qu'en pleine végétation la migration des sucres soit ralentie. Le Lierre rampant semblerait s'accommoder parfaitement de la lumière atténuée des sous-bois. D'ailleurs l'observation de la végétation exubérante des massifs placés à l'ombre épaisse de nos parcs vient à l'appui de cette hypothèse. On conçoit qu'il en soit ainsi puisque l'appareil végétatif a à sa disposition la totalité des éléments nutritifs élaborés par les parenchymes chlorophylliens sans partage avec un appareil fructifère.

2° Les sucres non réducteurs à base de lévulose accusent un accroissement constant et considérable de juin à janvier, où ils atteignent un maximum très élevé passant de 2,5 en juin à 26,5 environ en janvier, époque à partir de laquelle ils diminuent rapidement, surtout de mars à juin. C'est un fait déjà signalé à propos du Laurier-cerise, mais beaucoup moins prononcé que chez les feuilles de Lierre. Cette abondance de sucres non réducteurs en hiver est certainement en rapport avec les températures exceptionnellement basses auxquelles les feuilles se sont trouvé soumises. Si l'on remarque la pénurie de sucres insolubles et surtout d'amidon dans ces mêmes feuilles, on peut admettre, d'après ce que l'on sait déjà de l'action du froid sur les polysaccharides complexes, que cette accumulation de sucres solubles provient d'une part de la simplification moléculaire des hydrates de carbone de réserve et d'autre part de l'accumulation, dans le limbe des feuilles, des produits de l'assimilation carbonée de ces mêmes organes par suite de l'arrêt de l'émigration. On a vu en effet, à propos de la récolte de janvier, que les pétioles étaient complètement gelés et que par suite toute circulation de sève était devenue impossible dans le système vasculaire. Quoi qu'il en soit, il serait intéressant de déterminer la nature de ces sucres et de voir si réellement on se trouve en présence de saccharose ou d'un sucre plus condensé. L'action spécifique de l'invertine, en tant que lévulo-diastase, étant aujourd'hui bien établie, on peut affirmer que ces sucres sont à base de lévulose.

3° Les dextrines présentent un maximum très net en décembre, ce qui semblerait indiquer une importante hydrolyse des matières amylacées au commencement de l'hiver.

4° Comme pour le Laurier-cerise, les sucres solubles sont au maximum en hiver à l'époque des grands froids, ils diminuent ensuite régulièrement jusqu'au minimum d'automne et la courbe se relève ensuite pendant l'hiver.

Cette forte concentration du suc cellulaire du parenchyme foliaire pendant les grands froids explique pourquoi, au moment de la récolte du 31 décembre, alors que les pétioles étaient entièrement gelés et cassants, les limbes des feuilles avaient conservé toute leur souplesse.

5° Les glucosides existent en quantité sensiblement constante pendant la période juin-octobre ; ils diminuent jusqu'à un minimum atteint en décembre et augmentent ensuite régulièrement à mesure que les feuilles vieillissent. Il faut mentionner cependant un léger maximum en avril coïncidant avec la diminution très nette des sucres non réducteurs. La proportion de ces composés s'affaiblit pendant la période d'évolution des jeunes feuilles et stolons, ce qui semblerait établir leur rôle de matières de réserve.

6° Les réserves amylacées sont en général peu abondantes dans les feuilles de Lierre en cours d'année. On constate en effet un premier maximum en septembre, suivi d'une diminution rapide de l'amidon jusqu'à sa disparition complète fin décembre. En mars, l'amidon reparait en quantité environ 4 fois plus élevée qu'en automne ; la masse de ce polysaccharide augmente ensuite très rapidement, passe par un maximum élevé en avril, puis subit une décroissance rapide d'avril à juin où la proportion tombe de 9 à 1 environ. Les résultats de l'analyse chimique ont été contrôlés par l'observation microscopique après réaction à la liqueur iodo-iodurée.

L'existence d'un minimum de principes amylacés en hiver, confirme ce que l'on savait déjà depuis les travaux de nombreux auteurs et en particulier de Fischer, Mer, Lidforss, d'Arbaumont, Leclerc du Sablon et Combes, de même pour la régénération de ce sucre au printemps. Cependant la forte proportion de ce polysaccharide en avril, dans les feuilles qui n'en contiennent ordinairement qu'une quantité relativement faible, a lieu de surprendre, de même que sa diminution rapide au début de l'été. Cependant ces faits sont faciles à expliquer si l'on tient compte des conditions de végétation tout à fait spéciales à cette plante.

Pendant tout l'hiver et jusqu'à la fin avril, le Lierre rampant végète comme une plante à feuilles persistantes ordinaire et se comporte comme ces dernières. Dès que les conditions de température deviennent favorables, les feuilles reforment de l'amidon, d'une part, aux dépens des sucres solubles, comme paraît l'indiquer la diminution rapide de ces derniers et surtout par assimilation chlorophyllienne qui doit être assez intense aux environs de 10° ; les feuilles de Lierre en plein soleil régénèrent des quantités considérables d'amidon ; mais les conditions extérieures changent peu à peu ; les arbres développent leurs feuilles, la lumière s'atténue de plus en plus, le lierre en est réduit à végéter à l'ombre ; d'où chute rapide de la proportion des substances amylacées contenues dans les feuilles. De plus, à la même époque, les jeunes pousses évoluent en consommant les réserves nutritives accumulées dans les organes végétatifs et il s'ensuit une migration plus rapide des produits de synthèse. L'intensité de l'assimilation chlorophyllienne se trouve donc réduite, la migration est devenue en même temps plus active, la consommation des hydrates de carbone l'emporte donc sur la production ; il doit en résulter fatalement un appauvrissement de la feuille en principes sucrés. Mais en juin, les organes jeunes ont atteint leur taille définitive, les feuilles et stolons qui prennent naissance à ce moment sont clairsemés, la consommation des sucres diminue, devient égale à la production par synthèse chlorophyllienne d'où établissement d'un équilibre qui se traduit par une teneur constante en amidon jusqu'en automne.

Il résulte de ces considérations que le Lierre rampant, adapté à la vie héliophobe, se trouve dans de mauvaises conditions de végétation qui se traduisent par une pénurie de substances amylacées dans ses feuilles. Il semblerait que, par suite de l'insuffisance d'énergie lumineuse, la synthèse chlorophyllienne serait arrêtée dans son activité de condensation qui se trouverait ainsi limitée à la phase disaccharide, ces derniers représentant alors la forme de réserve hydrocarbonée dans les feuilles.

7° Les polysaccharides supérieurs, amyloïdes, hémicelluloses, celluloses facilement hydrolysables, ne subissent dans le cours d'une année que des variations de faible amplitude. Toutefois ces substances paraissent en général plus abondantes en été, automne, hiver qu'au printemps où elles seraient utilisées dans une certaine mesure pour le développement des jeunes organes.

8° Si l'on considère la totalité des sucres insolubles, on voit que leur minimum d'hiver correspond au maximum des sucres solubles; de même le maximum des polysaccharides à la fin du printemps a lieu simultanément avec le minimum en sucres simples. Il en résulte l'existence d'un équilibre déplacé dans un sens ou dans l'autre suivant les circonstances.

Le tableau d'analyses rapportées à 100 gr. de substance sèche me donnerait dans l'ensemble des résultats semblables : je me bornerai à faire remarquer que les rapports du poids sec au poids frais vont en augmentant au fur et à mesure que la feuille devient plus âgée, ce qui est l'indice d'une légère dessiccation des feuilles coriaces.

*En résumé,* on voit que les feuilles de Lierre rampant se comportent exactement dans le cours de l'année comme les feuilles de Laurier-cerise. Ces organes végétaux ne présentent que des variations de faible amplitude, quant aux sucres réducteurs qu'elles contiennent. Toutefois elles paraissent accuser une teneur plus considérable en sucres simples pendant la saison d'hiver qu'en automne ou au printemps. Mais le fait le plus remarquable, c'est l'accumulation de sucres à base de lévulose pendant la saison froide dans les feuilles. Il faut voir, dans cette accumulation de produits solubles, un effet des températures exceptionnellement basses supportées par les feuilles, quelques jours avant leur récolte, qui paralyserait l'activité des diastases de condensation des sucres et ralentirait ou même supprimerait totalement la migration des principes hydrocarbonés solubles. De plus, étant donné que le froid agit d'une façon beaucoup plus énergique sur la respiration que sur l'assimilation, la présence des feuilles persistantes doit entrainer une accumulation de sucres dans la plante.

Les sucres à base de lévulose, dont on vient de parler, peuvent être considérés comme réserves hydrocarbonées de la feuille, dans les conditions toutes spéciales où le végétal se trouve placé. Toutefois l'*Hedera* est capable de former dans son parenchyme foliaire des quantités relativement considérables d'amidon, lorsqu'il végète normalement en plein soleil ; c'est le cas au printemps avant la poussée des feuilles caduques. Dès que ces dernières sont développées, les réserves amylacées diminuent rapidement puis restent constantes jusqu'en automne. On sait, en effet, que dans ces conditions le Lierre ne porte jamais de fleurs ni de fruits, ce qui est l'indice d'une végétation anormale et en étroite relation avec les réserves nutritives d'origine chlorophyllienne qui sont à la disposition de la plante.

## 2. FEUILLES CORIACES DE LIERRE

Les analyses des feuilles qui précèdent immédiatement se rapportent, de juin à décembre, à des jeunes feuilles qui ont pris naissance dans le courant de l'année. On a vu qu'à partir de janvier il devenait impossible de distinguer par le seul aspect extérieur les feuilles de l'année de celles qui sont plus âgées. Je me suis demandé si l'âge de la feuille n'avait aucune influence sur sa composition, autrement dit, si deux feuilles de même surface cueillies au même moment, l'une de l'année, l'autre coriace, avaient exactement la même composition.

Leclerc du Sablon (1) qui s'est déjà occupé de cette question, à la suite du résultat de plusieurs analyses, conclut que les différences sont très faibles et que la proportion relative des sucres est pratiquement négligeable ; il n'est donc pas nécessaire au point de vue où il se place de distinguer les feuilles d'âges différents. Mais les conclusions de ce physiologiste se rapportent exclusivement à la totalité des réserves hydrocarbonées et à 100 gr. de substance sèche. J'ai pensé, qu'en effectuant des coupures plus nombreuses dans la série hydrocarbonée, et en rapportant le résultat à 1000 feuilles, on serait peut-être amené à des conclusions différentes.

---

(1) *Ibid.*, T. XVIII, 1906, p. 20.

*(A suivre)*

# NOTES BIBLIOGRAPHIQUES

Rivett, M. F. — **The structure of the cytoplasm in the cells of *Alicularia scalaris* Cord.** (*Ann. of Bot.* Vol. XXXII, n° CXXVI, Avril 1918, pages 207 à 214).

L'auteur décrit la structure du cytoplasma d'*Alicularia scalaris,* soit à l'état vivant, soit après traitement par l'alcool ou l'acide osmique. Il parle, en particulier, des corps oléagineux qui, à cause de leurs grandes dimensions et de leur indice de réfraction considérable, sont plus visibles que chez les autres Hépatiques. Il indique aussi les différences de structure du cytoplasma chez les jeunes cellules en voie de division, chez les cellules arrivées à leur maturité et chez les vieilles cellules.

Jean Friedel.

Palladin Vladimir. — **Plant physiology** (traduction anglaise par Livingston d'après la traduction allemande de la 6<sup>me</sup> édition russe et d'après la 7<sup>me</sup> édition russe (1914) Philadelphie, chez P. Blakiston's son and Co 1012 Walnut Street).

Il peut paraître inutile de signaler ici une traduction anglaise de l'excellent traité de Physiologie végétale de Palladine puisque nous possédons depuis des années une fort bonne traduction due à Mlle Korsakoff. Mais l'édition française est épuisée, les éditeurs paraissent peu disposés à une réimpression et d'autre part, la science a progressé depuis. C'est ainsi que, dans la traduction de Livingston, on peut trouver des renseignements fort intéressants sur la chimie de la chlorophylle, en particulier une analyse des résultats si précis obtenus par Willstätter. Les principales questions de la Physiologie végétale sont au moins indiquées dans cet ouvrage et certaines d'entre elles y sont traitées avec tous les développements désirables. Un semblable livre, très rigoureux, très scientifique, reste maniable pour les débutants ; les chercheurs les plus expérimentés peuvent y trouver des inspirations et il est excellent pour initier à la Physiologie les étudiants qui n'ont pas le temps matériel d'approfondir de volumineux traités de Physiologie végétale comme celui de Pfeffer.

Jean Friedel

John Briquet. — **L'appareil staminal des Composées, structure et fonctions de ses diverses parties.** — (*Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences naturelles,* Vol. 51, n° 193, 1917, p. 208).

Chez les Composées, les anthères introrses cohérentes par leurs bords constituent un manchon anthérien à l'intérieur duquel se déverse le pollen. Le style pénètre dans ce fourreau par l'orifice inférieur et refoule le pollen vers l'orifice supérieur en nettoyant la surface interne du fourreau au moyen de poils balayeurs.

Pendant cette phase, la fleur, morphologiquement hermaphrodite, est physiologiquement mâle. Ce n'est que plus tard, une fois le pollen émis, que le style surgit de l'orifice supérieur du fourreau anthérien et étale ses deux branches stigmatiques : la fleur est alors morphologiquement femelle.

La partie la plus intéressante de ce travail concerne les études de l'auteur sur les *Anthéropodes :* structure, genèse et fonction. Ce nom a été donné par Beauverd à un petit organe de forme variable, le plus souvent élargi à la base, comprimé d'avant en arrière, de couleur foncée et qui sépare le filet de l'anthère, sur le prolongement du connectif. Ce petit organe a été découvert et décrit pour la première fois par Cassini, en 1814, sous le nom d'*article anthérifère*. Les anthéropodes n'ont jamais été étudiés à fond et leur véritable fonction était inconnue.

L'auteur montre que dès le moment où l'anthère commence à se différencier comme telle, il se manifeste dans la région basilaire de l'étamine un travail de cloisonnement transversal extrêmement actif. Ce travail aboutit à la formation d'un tissu épidermique et cortical dense, à cellules isodiamétriques ou même plus larges que longues, seule la région axile reste occupée par un cordon d'éléments allongés, grêles. Partout ailleurs, surtout dans l'épiderme et la région hypodermique, les cellules sclérifient leur paroi. L'anthéropode se trouve finalement constitué par des cellules rigides dont le protaplasme ne tarde pas à disparaître. Ce n'est que plus tard que se forment les filets proprement dits (dépourvus des éléments sclérifiés caractéristiques des anthéropodes). Le cloisonnement intercalaire des cellules du filet n'est pas caractérisé par la production d'abondantes cloisons transversales mais bien surtout par l'allongement des éléments épidermiques et corticaux. L'axe du filet est occupé par un cordon libéro-ligneux grêle qui vient s'éteindre dans la région inférieure de l'anthéropode. Le fait d'être ainsi constitué de tissus vivants explique la flexibilité des filets et permet de comprendre qu'ils puissent être le siège chez diverses Composées (principalement les Cynarocéphales), de remarquables phénomènes d'*irritabilité*.

Or, tout au début du développement du gynécée, pendant que les branches du style s'allongent en s'élevant graduellement de bas en haut, les anthéropodes des cinq étamines s'allongent aussi, mais de haut en bas. Ils emprisonnent ainsi le sommet du style dans une cage directrice rigide. C'est grâce aux anthéropodes que le style peut s'engager directement, sans accroc, dans l'orifice inférieur du tissu anthérien. Sans la cage anthéropodique, il suffirait de peu de chose, une résistance due à un désaxement accidentel du sommet du style, pour empêcher ce dernier de s'engager dans le fourreau, ou même pour l'amener à passer à côté en s'insinuant entre les filets.

On a donc affaire, dans ce cas, à un organe remplissant une fonction importante *au cours du développement* floral et dont le rôle paraît très obscur quand on se borne à étudier les stades adultes.

L'auteur apporte, en outre, dans ce travail, une confirmation aux recherches de C. Gerots (1905) d'après lesquelles la cohérence latérale des anthères est due à une véritable soudure des cuticules voisines et non pas à un simple phénomène d'accolement.

J. Beauverie (*Nancy*).

G.-S. West. — **Algæ.** Volume I. Cambridge University press. 1916.

L'ouvrage que vient de publier l'Université de Cambridge s'impose à l'attention du lecteur par sa présentation impeccable et sa mise au point sérieuse. Son auteur rejette les hypothèses hâtives et les théories hasardées pour ne s'arrêter qu'aux faits sévèrement contrôlés. Dans le premier volume — le seul paru actuellement — G.-S. West étudie les Myxophycées, les Péridiniées, les Bacillariées et les Chlorophycées.

Chacun de ces grands groupes comprend l'exposé de généralités morphologiques et cytologiques accompagné de précisions sur le développement et la biologie des êtres qui s'y rangent. Les genres sont soigneusement revus. Ils sont tous signalés dans des classifications très détaillées. Des phylums généalogiques sérieux et une copieuse bibliographie terminent chaque chapitre.

Examinons brièvement quelques particularités dignes d'être notées.

Les Myxophycées (= Cyanophycées) sont séparées nettement des Bactériacées pour de multiples raisons.

Situées aux confins des deux règnes, les Péridiniées sont rattachées aux végétaux par 90 % de leurs espèces à nutrition holophytique et rangées parmi les Algues.

Phylogéniquement affines aux Péridiniées, les Bacillariées (= Diatomées) sont étudiées immédiatement après. G.-S. West combinant les classifications de Schütt et de Forti propose un nouveau groupement de ces Algues en :

- Centriques
- Pennées
  - Immobiles
  - Mobiles
    - à raphé imparfait
    - à raphé parfait

L'étude des Chlorophycées forme la plus grande partie de l'ouvrage. D'amples détails font connaître la structure si variée et la biologie si délicate de ces êtres.

Critiquant les classifications de Bohlin, Blackman et Tansley, Oltmanns, Chodat, Wille, l'auteur s'arrête à la classification suivante basée sur le mode de ciliation des éléments reproducteurs.

- *Isokontes*
  - *Protococcales* (1) *Siphonales, Siphonocladiales,*
  - *Ulvales, Schizogoniales, Ulothricales.*
- *Akontes. Conjuguées* [*Zygnemacées et Desmidiacées*].
- *Stephanokontes. Œdogoniales.*
- *Heterokontes. Heterococcales, Heterotrichales, Heterosiphonales.*

---

(1) L'auteur, tenant compte de la récente découverte de Wille, écrit : *Protococcus viridis* Ag. (= *Pleurococcus vulgaris* Menegh.).

Quoique, de l'aveu même de l'auteur, l'œcologie des Algues soit encore dans l'enfance, G.-S. West essaie de grouper par stations comparables divers types d'associations.

- Associations subaériennes.
- Associations des rochers suintants.
- Associations aquatiques.
  - Eaux à courant rapide.
  - Tourbières et marais.
  - Mares et fossés.
  - Etangs et lacs.
    - *Senthos*
    - *Plankton.*

De suggestifs graphiques montrent les courbes de variation de fréquence de quelques espèces planktoniques en fonction des températures saisonnières.

Il n'est pas possible de donner une analyse plus longue de cet ouvrage remarquable. Nous souhaitons vivement que tous les botanistes le consultent : c'est le livre le mieux au point dans l'état actuel de la science.

Marcel Denis

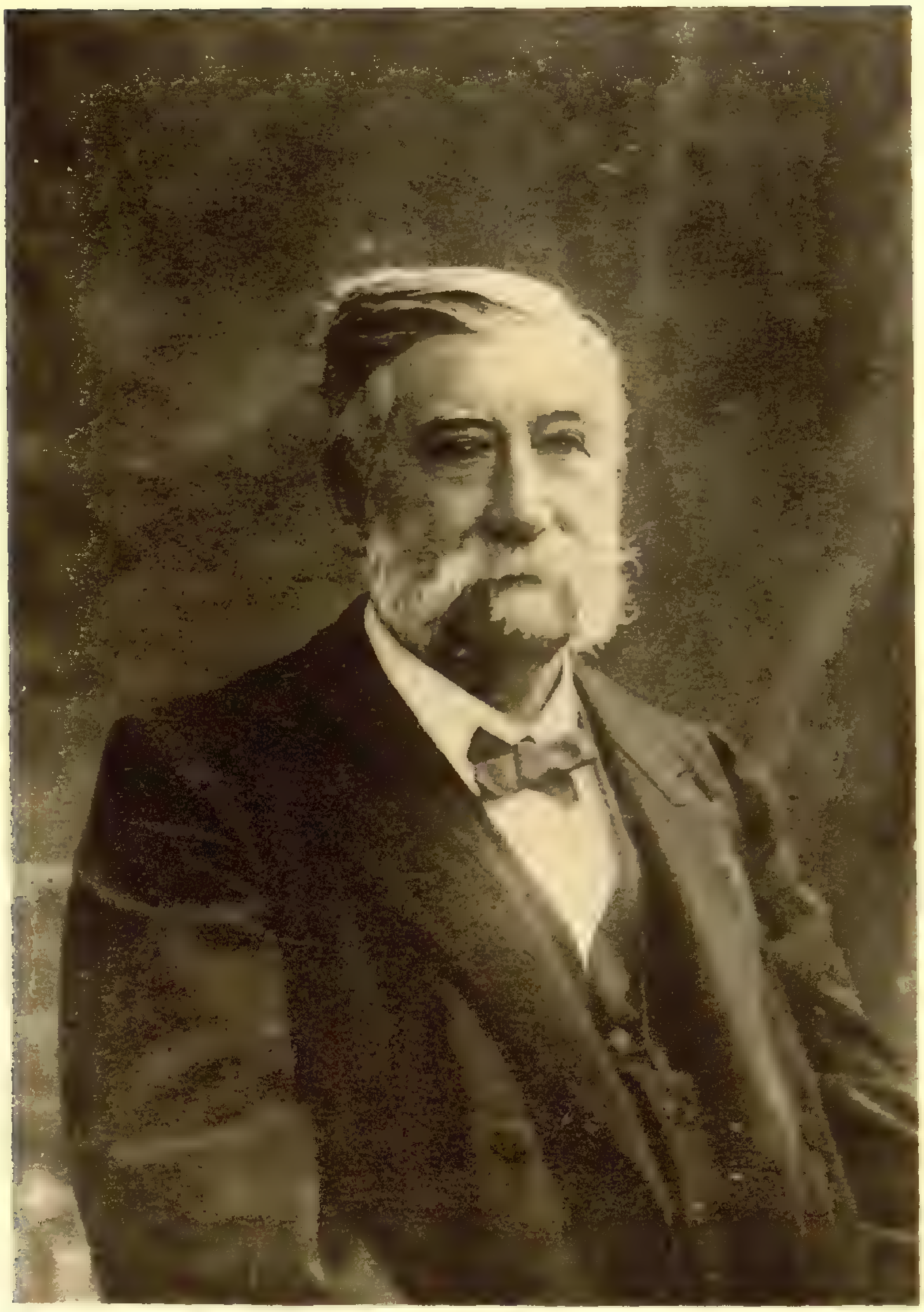
## CHRONIQUES ET NOUVELLES

M. Ricôme, Professeur de Botanique appliquée à la Faculté des Sciences de Lille, est nommé Professeur de Botanique à la même Faculté.

* * *

M. Houard, Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Caen, est nommé Professeur de Botanique à la même Faculté.

Nemours.— Imp. Henri Bouloy. *Le Gérant :* Henri Bouloy



E. BUREAU

1830-1918

Pirou, phot.

Le Deley, imp.

# ÉDOUARD BUREAU

## SA VIE ET SON ŒUVRE

par M. F. GAGNEPAIN

Né en 1830, docteur en médecine à 26 ans, docteur ès-sciences à 34, aide-naturaliste au Muséum à 42, professeur dans cet établissement à 44, Ed. Bureau inaugurait brillamment une carrière qui devait être longue et bien remplie.

D'une famille de Nantes qui donne alternativement des professeurs réputés et des armateurs habiles, Bureau, dans ce milieu instruit, dans cette ville savante, devint entomologiste, géologue, botaniste. La botanique eut de bonne heure sa faveur spéciale puisque dès 1854, à 24 ans, il contribua à fonder la Société botanique de France, s'associant ainsi à une pléiade de savants distingués. Sa thèse de docteur en médecine sur la famille des Loganiacées (1856) fut un succès, et l'un de ses juges, Moquin-Tandon, le présentait peu de temps après à Alph. de Candolle comme un collaborateur sérieux pour le monumental ouvrage qu'est le *Prodromus regni vegetabilis*.

Non moins remarquée fut sa thèse de docteur ès-sciences. Elle avait pour sujet la monographie des Bignoniacées (1864), famille gamopétale, qui présente tant d'affinités avec ses voisines et d'une telle homogénéité en elle-même, que c'était un travail ardu d'en préciser les contours et d'en délimiter les genres. Bureau s'opiniâtra sur ces difficultés et dans une suite de notes publiées de 1864 à 1870, il éclaira des points nouveaux ou restés obscurs.

Après les grandes fleurs homogènes dans l'ensemble, bien que complexes dans leurs parties, Bureau choisit les fleurs microscopiques, incomplètes, rudimentaires. Son choix, en effet, se portait sur les Morées et Artocarpées, divisions importantes de la grande famille des Urticacées, qu'il a éclairées d'une vive lumière dans le *Prodromus* des de Candolle, t. XVIII (1873).

Il était aide-naturaliste (on dit aujourd'hui assistant) quand la chaire de A. de Jussieu, supprimée depuis 1853, au grand regret des botanistes, venait d'être rétablie (1874), et le titulaire de cette chaire de classification et familles naturelles fut, à l'unanimité des professeurs du Muséum, le botaniste distingué, Ed. Bureau.

Du coup, la tâche de Bureau devient immense. Le professeur doit : 1° diriger le classement d'un herbier qui était et qui est resté le plus riche du monde ; — 2° l'augmenter sans cesse en y faisant affluer les récoltes de toutes les régions du globe ; — 3° organiser l'étude de près de 100.000 espèces, abondamment représentées chacune ; — 4° élaborer et publier des flores coloniales, ces catalogues descriptifs et indispensables du monde végétal qui pare le sol de nos colonies ; — 5° créer une exposition permanente des produits végétaux ; — 6° donner les cours du Muséum.

Bureau connaissait toute l'étendue de sa tâche. Il savait dans quelles conditions déplorables il allait l'entreprendre : 1° un personnel cinq fois trop faible pour la conservation, le rangement et l'étude de cette énorme collection ; — 2° les locaux d'exposition, de travail et de rangement de beaucoup trop obscurs et insuffisants ; — 3° un arriéré considérable dans le travail ; et enfin, 4°, une opinion qui n'est pas faite ni dans le public, ni dans les milieux dirigeants sur cette vérité évidente que les sciences naturelles, en général, que la botanique en particulier, sont les meilleurs conseillers quand il s'agit de l'exploitation méthodique de notre riche empire colonial. Tant que cette vérité ne sera pas admise comme un axiome, la botanique et le Muséum seront traités chez nous avec indifférence.

La tâche était assez difficile et le fardeau assez lourd pour que le professeur n'en fut point distrait. Il connut pourtant, comme tant d'autres, parvenus à la notoriété, ces fonctions officielles ou semi-officielles, temporaires heureusement, qui détournent de la tâche principale. Pour n'en citer que deux entre tant, Bureau fut chargé, en 1885, de l'intérim de la chaire de culture après la mort de Decaisne, comme, après la mort de Brongniart, l'intérim de la chaire de physiologie végétale lui était échu, en 1876-8, par la confiance de ses collègues.

Par les soins de Bureau, par le dévouement de son personnel, se réalisèrent, autant que faire se pouvait, dans des conditions défavorables, les diverses parties du vaste programme. La collection s'augmenta d'importants et nombreux appoints. L'herbier Lamarck, historique par son illustre créateur, si riche de types, est acquis, en 1886, par le professeur avec un merveilleux à-propos à saisir aux cheveux l'occasion unique. Et pour ne citer qu'un seul de ses collaborateurs, Franchet amena au Muséum les récoltes botaniques des David, des Delavay, des Bodinier, des Farges, des Soulié, ces missionnaires qui envoyaient au Muséum les richesses de la Chine, paradis de la botanique. 10.000 et même 12.000 échantillons de toutes provenances arrivaient ainsi, par la collaboration de tous, chaque année au grand herbier national.

Peu de personnes, même dans le monde botanique, se rendent compte des difficultés qu'il faut surmonter, du temps qu'il faut donner pour arriver à la simple détermination d'un échantillon exotique. Bureau était depuis longtemps maître de cette spécialité qui avait fait sa carrière si rapide et brillante. N'avait-il pas été formé à la meilleure école ? N'était-il pas contemporain des Baillon, des Naudin, des Decaisne ? N'avait-il pas amplement donné des preuves de son esprit de méthode et de son savoir-faire ? Autant que le temps le lui permit, il donna l'exemple à son personnel. L'un de ses meilleurs collaborateurs, Adrien Franchet, note après note, accumula une œuvre énorme, se spécialisant dans la flore chinoise ; Finet, esprit scientifique de premier ordre, étudia patiemment le monde des Orchidées. D'autres encore ont réalisé une œuvre non négligeable, ou importante, ou considérable.

Il avait augmenté son personnel ordinaire de celui des Hautes-Etudes. Mais encore, par sa bienveillance, Bureau attira au Laboratoire tous les travailleurs bénévoles, maîtres parvenus à la notoriété ou commençants ambitieux de se faire un nom. Les Baillon, les Pierre, les Sagot, etc. s'y rencontraient avec les Drake, les de Boissieu et ainsi, par les riches matériaux de la collection, s'élaboraient les Familles des plantes, commençaient à sortir du néant la description de la végétation indo-chinoise ou guyanaise, celle de la Polynésie, ou du Japon.

Si la Flore générale de l'Indo-Chine est poussée si loin et si complète dès le premier volume, c'est parce que le professeur Bureau a donné asile, dans un local du service, au botaniste Pierre et à cet important herbier du Cambodge et de Cochinchine, qui ne devait plus quitter le Muséum.

Bureau a donc contribué à l'étude des flores coloniales par sa bienveillance, par ses encouragements, par l'augmentation voulue, obstinée, persistante des apports coloniaux dans la collection.

Une autre des ambitions du chef de service était d'organiser une importante exposition permanente de botanique appliquée. Là auraient figuré en bonne place, devant le tout-Paris curieux, tous les produits, et ils sont innombrables, que l'homme tire des plantes. Avec l'aide de son assistant, M. J. Poisson, il réussit à augmenter l'importance de cette collection, sans parvenir à l'exposer. Très complète, très riche, elle s'est longtemps perdue sous l'action de l'humidité et des souris, dans l'ancienne galerie qui fait face à la vieille Pitié. La Pitié a déménagé pour occuper des bâtiments neufs, spacieux, aérés et la vieille galerie de botanique appliquée, où le public ne peut être admis, continue avec sa précieuse collection, si instructive, à faire... pitié.

Souffrant de l'insuffisance des locaux qui complique à l'infini le travail de détermination et de classement, Bureau avait rêvé une nouvelle galerie. Ce rêve allait prendre corps après bien des démarches, et les bâtiments destinés à la botanique s'achevaient, dit la tradition, mais quand Bureau croyait en jouir, quand il exultait dans la joie pure du plein succès, la nouvelle galerie était donnée à la zoologie.

Deux sollicitations ont grandement influé sur la carrière du professeur Bureau : l'institution de la chaire donnait trop d'importance à des cours qui manquent d'un auditoire préparé et n'ont aucune sanction ; les conseils *in-extremis* du maître vénéré Brongniart lui confiaient les plantes fossiles. Très consciencieux et très paléontologiste, Bureau a alourdi sa charge de ces fardeaux. Ecartelé moralement par des exigences si diverses, écrasé par le rocher de Sisyphe, le botaniste eut trop peu de temps à donner à toutes choses. Tel le propriétaire d'un immense domaine ; il n'en peut cultiver qu'une faible partie ; il donne ses soins à tous ses champs un peu, et ses cultures importantes, mais éparses, font à peine figure dans l'étendue des jachères.

Les cours du professeur étaient très consciencieux, lui prenaient beaucoup de temps. Ils étaient clairs et précis, abondants en exemples et en documentation. Mais le maître ne se contentait pas de faire comprendre la botanique, il savait, par un enthousiasme juvénile qu'il conserva jusqu'à la fin, la faire aimer. Toutes les semaines que durait son cours, il avait une leçon pour la paléontologie qu'il aimait tant et que Brongniart lui avait confiée en mourant. C'est assez dire combien, avec l'aide du grand paléontologiste B. Renault, son assistant, il a cherché à enrichir la collection constituée par Brongniart et qui compte plus de 80.000 échantillons. Une telle collection aurait dû être augmentée, classée, étudiée, publiée par les soins de tout un personnel spécialement dévoué à cette tâche ! Du moins les préoccupations paléo-botaniques du maître s'affirmèrent par des notes nombreuses et surtout par son grand travail : la Flore fossile du bassin houiller de la basse-Loire, qui compte 84 planches et auquel il a travaillé presque jusqu'à sa mort.

Le plus grand trait et le plus beau du caractère de Bureau était sa bonté exquise qui lui assurait l'affection de tous et le dévouement absolu de ses subordonnés. Ceux-ci allaient avec empressement au-devant de ses désirs, et dans l'intérêt du service tenaient en éveil toute leur initiative. Heureux qui semant de la bonté récolte de la gratitude !

Sans ambition autre que celle de servir la Science et le Muséum, il a toujours fait preuve de délicatesse et de droiture, et les procédés trop habiles, il ne les a jamais employés. Mais certaines vertus, on se le demande, ne mettent-elles pas en situation d'infériorité ?

Ed. Bureau fut atteint par la limite d'âge en 1905. Devenu professeur honoraire, il s'intéressa encore au service qu'il avait dirigé pendant trente ans et applaudit aux travaux qui s'y poursuivaient. Il s'éteignit doucement le 14 décembre 1918, entouré de l'affection et du dévouement de sa nombreuse famille.

Bureau n'était que membre de l'Académie de médecine, bien que présenté par l'Académie des sciences, au nombre de ses candidats, en deuxième rang, dès 1866. Depuis 1894, il était chevalier de la Légion d'honneur.

Il voulut donner au Muséum qu'il a tant aimé et servi sa précieuse bibliothèque de paléontologie végétale, qu'il a formée lentement, onéreusement, amoureusement, pendant le cours de sa longue existence (1).

(1) Ses enfants, respectueux d'une volonté manifestée jusqu'à la fin, viennent de réaliser son vœu.

Tous les lauriers du bois sacré ne suffiraient pas à honorer, comme elle le mérite, la tombe de mon vieux maître si grand par le savoir et la bonté.

## LISTE DES TRAVAUX DE ED. BUREAU (1)

---

1 De la famille des Loganiacées et des plantes qu'elle fournit à la médecine. *Thèse de doctorat en médecine* (1866), 67 fig. et 1 pl.

2 Quelques observations sur les Loganiacées. *Bull. Soc. bot. Fr.*, (1856), p. 19.

3 Monographie des Bignoniacées ou Histoire générale et particulière des plantes qui composent cet ordre naturel. *Thèse Doctorat ès-sc.*, 1864, avec atlas de 30 pl.

4 Remarques sur la classification des Bignoniacées et obs. sur les genres *Radermachera* et *Stereospermum* in *Adansonia*, II, (1861) p. 182. avec pl. 2 et 4.

5 Sur quelques fruits de Bignoniacées, in *Adansonia* IX (1870) p. 375..

6 Sur l'analogie des fruits dans les Crucifères et les Bignoniacées, in *Bull. Soc. bot. Fr.* (1863) p. 8.

7 Description du genre nouveau *Schizopsis*, de l'ordre des Bignoniacées, in *Andansonia* V, (1865) p. 369, pl. 10 et 11.

8 Revision des genres *Tynanthus* et *Lundia*, in *Adansonia* VIII, p. 270, pl. 6.

9 Sur le genre *Tanæcium*, in *Adansonia* IX, p. 379.

10 Revision du genre *Catalpa*, in *Nouv. Arch. Mus. hist. nat.*, 3e sér., VI, pp. 169-208, pl. 3 et 4.

11 Etudes sur les genres *Reyesia* et *Monttea* C. Gay, et observations sur la tribu des Platycarpées de M. Miers, in *Bull. Soc. bot. Fr.*, (1863) p. 35.

12 *Prodromus systematis naturalis Regni vegetabilis* XVII, (1873) Moraceæ.

13 id. *Artocarpaceæ, conspectus tribuum et generum* XVII (1873).

14 Sur le *Ficus Roxburghii* Wall., in *Rev. hort.* (1872) p. 387.

15 Plantes nouv. du Thibet et de la Chine occ. recueillies pendant le voy. de M. Bonvalot et du prince H. d'Orléans en 1890 (en collab. avec Franchet) in *Journ. de Bot.* V (1891) 56 p. et 2 pl.

16 Sur un Figuier à fruits souterrains, *id.*, II (1888) p. 217, pl. 7.

17 Sur les premières collections botaniques arrivées du Tonkin au Muséum, in *C. R. Acad. Sc.*, 8 févr. et 15 mars 1886.

18 Premier aperçu de la végétation du Tonkin mérid. *id.*, 19 avril 1886 (en collab. avec Franchet).

19 Premier aperçu de la végétation du Congo français *id.*, 2 août 1886.

20 Description d'un *Dorstenia* nouveau de l'Afrique équatoriale, in *Bull. Soc. bot. Fr.*, (1886), p. 70, pl. 1.

(1) Les travaux non botaniques sont volontairement omis.

21 Notice sur M. Elie Durand et sur l'herbier de l'Amérique du Nord qu'il a donné au Muséum. *id.* (1874) p. 325.

22 *Symbolæ ad Floram brasiliæ centralis cognoscendam*, *Bignoniaceæ*, in *Vidensk Meddel. fra den naturhist. Kjobenhavn* (1893) p. 1211.

23 *Florula Lagoensis*, Bignoniacées, in *Mém. Acad. roy. des sc. Danemark* VI, n° 3, p. 422.

24 Sur deux genres nouv. de Bignoniacées du Brésil : *Melloa* et *Glaziovia*, in *Adansonia* VIII, p. 379.

25 Description du genre nouveau *Saldanhæa*, des Bignoniacées, *id.* VIII, p. 373, pl. 7, 11, 12.

26 *Symbolæ ad floram Brasiliæ centralis cognoscendam*, *Moræ*, in *Vidensk Medd. fra den naturhist. Kjobenhavn* (1873) p. 405.

27 Sur plusieurs genres peu connus d'Artocarpées de la Guyane, in *Adansonia*, IX, p. 373.

28 Note sur les Bignoniacées de la Nouvelle-Calédonie, in *Bull. Soc. bot. Fr.* (1862) p. 162.

29 Morées et Artocarpées de la Nouvelle-Calédonie, in *Ann. sc. nat.* (1869) XI, p. 364, pl. 6 et (1872) XIV, p. 246.

30 *Flora brasiliensis. Enumeratio plantarum in Brasilia hactenus detectarum*, *Bignoniaceæ expos.* Ed. Bureau et Car. Schumann, fasc. 118, 230 p. (1896) 28 pl. et fasc. 121 (1897) 220 p., 25 pl.

31 Découverte de *Utricularia neglecta* aux environs de Paris, in *Bull. Soc. bot. Fr.* (1855) p. 622.

32 La géologie des environs de Fontainebleau, au point de vue de la géographie botanique, *id.* (1881), p. VII.

33 Note sur la découverte du *Poa palustris* en Bretagne, *id.* (1866) p. 478.

34 Sur le *Coleanthus subtilis* Seid. *id.* (1865) p. 157 et *Bull. Soc. philom. Paris* (1865) p. 201.

35 Note sur la naturalisation de l'*Ilysanthes gratioloides* Benth. en Europe, in *Bull. Soc. bot. Fr.*, (1868) p. 157.

36 Sur le mode d'introduction de l'*Ilysanthes gratioloides* en France, *id.* (1872) p. 264.

37 Note sur une variété non décrite de l'*Agaricus campestris* L. *id.* (1862) p. 537.

38 Rapport sur l'herborisation faite par la *Soc. bot. de Fr.* à Trentenoult près de Nantes. *id.* p. 714 (1861).

39 Rapport sur l'herborisation faite le 14 août sur les coteaux de Mauves et dans les bois de St-Julien, *id.* (1861) p. 718.

40 Excursion botanique du Muséum d'hist. nat. de Paris aux environs de Nantes et sur les bords de l'Océan, in *Bull. soc. sc. nat. Ouest Fr.* (1893) pp. 1-36, 1 pl.

41 Rapport sur l'herborisation faite à Cimiès, près de Nice, in *Bull. Soc. bot. Fr.* (1865) p. XLIV.

42 Rapport sur l'herborisation faite à Villefranche et à Beaulieu. *id.*, p. LI.

43 — — l'Ile Ste-Marguerite, *id.*, p. LIII.

44 — — Monaco et Menton, *id.*, p. LV.

45 — — la vallée des Châtaigniers, *id.*, p. LVI

46 Sur la reviviscence du *Selaginella lepidophylla* (en collaboration avec Paul Bert) *id.* (1868) pp. 32 et 34.

47 Sur une nouvelle pl. reviviscente, in *C. R. Acad. sc.*, 17 fév. 1890.

48 Sur la structure des tiges de lianes de la famille des Sapindacées, in *Bull. Soc. philom. de Paris* (1870) p. 56.

49 Note sur les Lianes, in *Bull. Soc. Philom.*, (1870) p. 40.

50 Valeur des caractères tirés de la structure de la tige pour la classification des Bignoniacées, in *C. R. Acad. Sc.*, 21 oct. 1872.

51 Tableau des genres de Bignoniacées grimpantes à tiges anormales, in *Bull. Soc. bot. Fr.* (1872) p. 14.

52 Notes sur diverses monstruosités, *id.* (1857) p. 450.

53 Sur une fleur monstrueuse de *Streptocarpus Rexii*, *id.* (1861) p. 708.

54 Sur des fleurs monstrueuses de *Primula sinensis*, *id.* (1863) p. 191.

55 L'enseignement de la botanique médicale à l'école primaire, in *Corresp. gén. Instr. prim.* (1893) p. 26.

56 Publication de notes inédites de Pavon sur le *Broussonetia papyrifera*, in *Adansonia* X, p. 374 (1872).

57 Rapport sur l'exposition horticole de Nantes en mai 1859, in *Ann. Soc. Acad. Nantes*, XXXI, p. 655.

58 Sur la culture des Bignoniacées et sur les graines envoyées par M. Corréa de Mèllo, in *Journ. Soc. centr. hort. France* (1868) p. 153.

59 Muséum d'hist. nat. Collections de paléontologie végétale, in Guide du géologue exp. de 1878, publié par *Soc. géol. Fr.* (1878).

60 Collections de botanique fossile du Muséum d'hist. nat. (1893), in *Centenaire du Muséum*, pp. 349-372.

61 De la nomenclature des plantes fossiles, in *Bull. Soc. bot. Fr.* (1881) p. 8.

62 Sur la formation des Bilobites à l'époque actuelle, in *C. R. Acad. Sc.*, déc. 1866.

63 Sur le mode de formation des Bilobites striés, *id.*, 14 fév. 1887.

64 Sur l'origine des Bilobites striés, *id.*, 4 juillet 1887.

65 Sur l'existence du terrain dévonien sup. en Bretagne, in *Bull. Soc. géol. Fr.* (1859) p. 862.

66 Sur la distance de trois étages distincts dans le terrain dévonien de la Basse-Loire, *id.* (1860) p. 789.

67 Observations sur le terrain dévonien de la basse-Loire, *id.* (1861) p. 337.

68 Sur la structure géologique du bassin primaire de la basse-Loire, *id.* (1883) p. 165.

69 Carte géologique détaillée de la France nº 105, feuille d'Ancenis (1891).

70 De la végétation à l'époque houillère, in *Rev. des cours sc.* (1867).

71 Sur des plantes fossiles recueillies dans le bassin de la basse-Loire, in *Bull. Soc. bot. Fr.* (1861) p. 690.

72 Sur la présence du genre *Equisetum* dans l'étage houiller inférieur, in *C. R. Acad. Sc.*, 5 janv. 1885.

73 Sur la présence de l'étage houiller moyen en Anjou, in *C. R. Acad. Sc.*, 8 déc. 1884.

74 Sur les plantes fossiles du dépôt houiller de la Rhune (Basses-Pyrénées), in *Bull. Soc. géol. Fr.* (1866) p. 846, pl. 14.

75 Sur la fructification du genre *Callipteris*, in *C. R. Acad. Sc.*, 22 juin 1884.

76 Premières traces de la présence du terrain permien en Bretagne, in *C. R. Acad. sc.*, 13 juillet 1885.

77 Note sur des plantes fossiles de la butte du Trocadéro, in *Bull. Soc. bot. de Fr.* (1866) p. 253.

78 Etudes sur la flore fossile du calcaire grossier parisien, in *Mém. soc. philom. vol. centenaire*, pp. 235-265 (1888).

79 Sur la présence d'une Araliacée et d'une Pontédériacée fossiles dans le calcaire grossier parisien, in *C. R. Acad. sc.*, 26 décembre 1892.

80 Sur les prétendues Fougères fossiles du calcaire grossier parisien, in *C. R. Acad. sc.*, 31 juillet 1893.

81 Etudes sur une plante fossile phanérogame *(Cymodoceites parisiensis)* de l'ordre des Naiadés qui vivait dans les mers de l'époque éocène, in *C. R. Acad. sc.*, 25 juillet 1886.

82 Prémices de la flore éocène du Bois-Gouët (Loire-Inférieure), in *Bull. Soc. géol. de Fr.* (1881) p. 286, 1 pl.

83 Additions à la flore éocène du Bois-Gouët, in *Bull. Soc. sc. nat. Ouest* (1893) p. 261, 1 pl. (avec M. N. Patouillard).

84 Sur une roche d'origine végétale (avec M. J. Poisson), in *C. R. Acad. sc.* 17 juillet 1876 et *Ann. Sc. nat.* 6ᵉ série, III, p. 372.

85 Flore fossile du bassin houiller de la basse-Loire, 3 vol. in 4°, avec 417 p. et 84 pl. (terminé en 1914).

86-95 Notes zoologiques.

96 Sur l'entrée de l'herbier Lamarck au Muséum, in *C. R. Acad. sc.*, 17 janvier 1887.

104-108 Rapports divers.

109-114 Notices biographiques sur Fee, Ad. Brongniart, Spach, Dr Sagot, Ern. Cosson, E. Endel.

115 Etude sur les Narcisses du groupe des *Corbularia*, in *Bull. Soc. sc. nat. Ouest Fr.* (1904) p. 127, 2 cartes.

116 Etude sur les Bambusées. Végétation et floraison de l'*Arundinaria Simoni* Riv., in *Bull. Mus. Paris* (1903) p. 403.

117 Deuxième étude sur les Bambusées : le *Phyllostachys aurea* Riv., *id* (1904) p. 575, 1 pl.

118 Sur les *Strychnos* africains et sur les plantes servant à empoisonner les armes en Afrique, *id.* (1901) p. 418.

119 Sur un *Dorstenia* nouveau de l'Afrique centrale *(D. scaphigera)*, *id.* (1895) p. 60.

120 La Flore de Madagascar, in *Revue sc.*, 22 fév. 1896.

121 Etat actuel des études sur la végétation des colonies françaises, in *C. R. Acad. sc.*, 4 fév. 1895.

124 Effet de l'*Oïdium quercinum* sur différentes espèces de Chênes, in *C. R. Acad. sc.*, 28 sept. 1909.

129 Liste des plantes fossiles de la Loire-Inférieure (avec L. Bureau).

132 Sur une Lépidodendrée nouvelle *(Thamnasiodendron andegavense)* du terrain carbonifère inférieur de Maine-et-Loire, in *Bull. Soc. Et. sc.*, Angers, p. 147.

133 Le terrain houiller dans le Nord de l'Afrique, in *C. R. Acad. sc.*, 5 juin 1904.

134 Sur la première plante fossile envoyée de Madagascar, in *C. R. Acad. sc.*, 5 février 1900.

135 Note sur quelques Palmiers fossiles d'Italie, in *Bull. Museum Paris.* (1896) p. 280.

137 La géologie des environs d'Ancenis, dans ses rapports avec l'agriculture, in *Congr. Assoc. bretonne*, sept. 1894.

138 Notice sur la galerie de Paléontologie végétale du Muséum, in *Notice Musées et coll. géol. Paris* (1900).

140 Note sur l'herbier Desvaux, in *Bull. Mus. Paris* (1896) p. 46.

141-158 Discours, rapports, biographies (Naudin, Franchet, Cornu, E. Drake del Castillo, Glaziou) etc...

# SUR LE SUSPENSEUR DU *TRAPA NATANS* L.

### par M. A. TISON

Lors du développement de l'embryon des Angiospermes, si le suspenseur sert, le plus souvent, à plonger plus ou moins profondément le jeune embryon au sein des matériaux nutritifs du sac embryonnaire, un autre rôle lui semble parfois dévolu, celui de fournir les aliments nécessaires à la croissance du jeune embryon, au moins temporairement. Le suspenseur peut alors remplir de deux manières différentes ses fonctions nourricières.

Comme l'a montré Guignard (1), le suspenseur peut accumuler, dans ses cellules, des réserves employées plus tard par le jeune embryon. Il devient alors très volumineux comparativement à l'embryon lui-même. C'est ainsi qu'il est formé par des cellules peu nombreuses, prenant une taille géante et se faisant remarquer par la pluralité de leurs noyaux (Viciées), ou par un long cordon de grosses cellules disposées sur une ou plusieurs rangées *(Ononis, Cicer, Lupinus,* etc.) Il peut encore être constitué par un massif cellulaire sphérique, de grandes dimensions, comprenant une centaine de grosses cellules *(Cytisus)*.

Treub (2) a signalé, chez certaines Orchidées, des suspenseurs contribuant à la nutrition de l'embryon en développant leurs cellules en suçoirs ; soit qu'elles s'allongent en longs boyaux dans toutes les directions *(Stanhopea)*, ou qu'elles s'organisent en un appareil filamenteux enveloppant l'embryon de ses rameaux entortillés *(Phalænopsis)*, soit même qu'elles croissent en dehors du micropyle pour y prendre les formes les plus singulières et y produire une multitude de processus filamenteux rampant et se greffant sur le funicule et le placenta (*Serapias, Herminium*).

---

(1) GUIGNARD L. Embryogénie végétale comparée, 1er Mémoire, Légumineuses. *(Ann. Sc. nat., Bot.,* 6e série, T. 12, 1881).

(2) TREUB. Notes sur l'embryogénie de quelques Orchidées. *(Verhandelingen Koninklijke Akademie van Wetenschappen,* Amsterdam, 1879).

Lloyd (1) a également observé des modifications du suspenseur, rappelant celles du *Stanhopea*, chez certaines Rubiacées.

Il m'a paru intéressant de faire connaître un nouvel exemple de suspenseur jouant un rôle dans la nutrition du jeune embryon et que l'on rencontre chez le *Trapa natans*. Le dit suspenseur offre même, combinés, les deux agencements signalés ci-dessus, c'est-à-dire qu'il est remarquable tout d'abord par son volume considérable, et qu'il est, en outre, pourvu d'un suçoir très spécialisé.

On sait que l'ovaire du *Trapa natans* est pourvu de deux loges renfermant chacune un seul ovule pendant, anatrope, hyponaste, à raphé interne et qu'un seul ovule se développe en graine. Des deux téguments ovulaires, l'un, l'externe, est épais, l'autre est très mince sauf au niveau du micropyle qui est très allongé. Le nucelle est prolongé, vers le haut, par un bec étroit remplissant complètement le micropyle, et venant même faire saillie à sa partie supérieure.

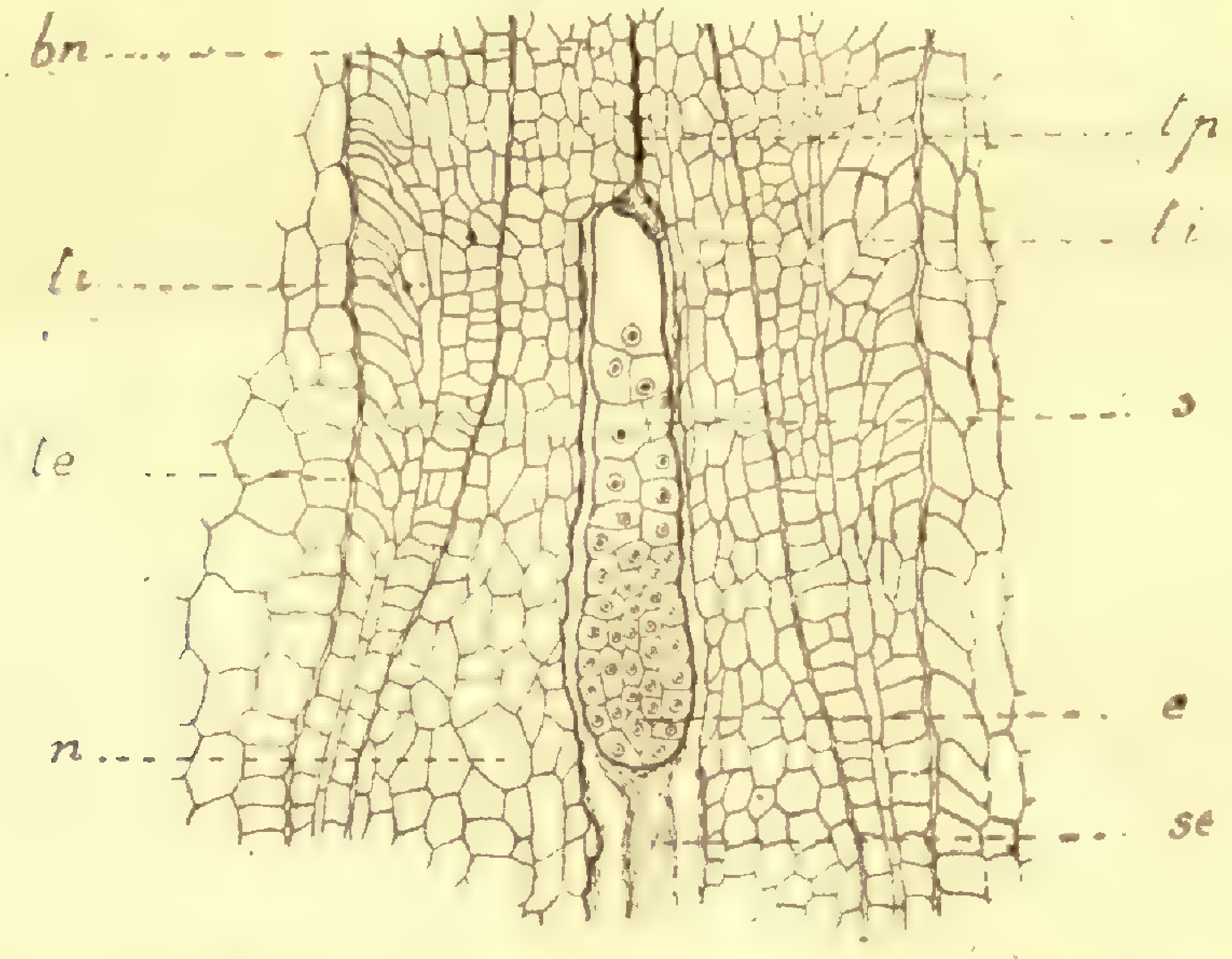


**Fig. 1. — Très jeune embryon et son suspenseur.**
*e*, proembryon ; *s*, suspenseur ; *se*, sac embryonnaire sans albumen ; *te*, tégument ovulaire externe ; *ti*, tégument ovulaire interne ; *n*, nucelle ; *bn*, base du bec micropylaire du nucelle ; *tp*, traces du tube pollinique. Gross. 150/1.

Le nombre restreint de mes échantillons ne m'a pas permis d'étudier le suspenseur et l'embryon dès le début de leur formation. Le stade le plus jeune, étudié, est représenté par la figure 1.

---

(1) Lloyd F. E. Comparativ embryology of the Rubiacæ. (*Mém. Torr. Bot.*, 1902).

On y remarque un suspenseur *(s)* formé d'une seule cellule à son sommet, de deux ou trois rangées de paires de cellules dans sa région moyenne et de trois ou quatre rangées d'un plus grand nombre de cellules dans sa portion inférieure. Il n'existe aucune limite nette entre le suspenseur et le proembryon. Ce dernier se présente alors sous la forme d'une petite masse ovoïde à peine plus large que la base du suspenseur. Dans le sac embryonnaire étroit *(se)*, on ne trouve aucune trace d'albumen. Ce dernier tissu fera, d'ailleurs, toujours complètement défaut par la suite.

De très bonne heure, les cellules du suspenseur acquièrent une taille considérable, surtout longitudinalement. Grâce à cet accroissement longitudinal, le proembryon se trouve bientôt porté jusque dans la portion inférieure du nucelle, dont les cellules se font progressivement remarquer par l'accroissement de densité de leur protoplasme. J'appellerai, désormais, *talon nucellaire*, cette partie basale du nucelle, à protoplasme dense. Elle est assez nettement

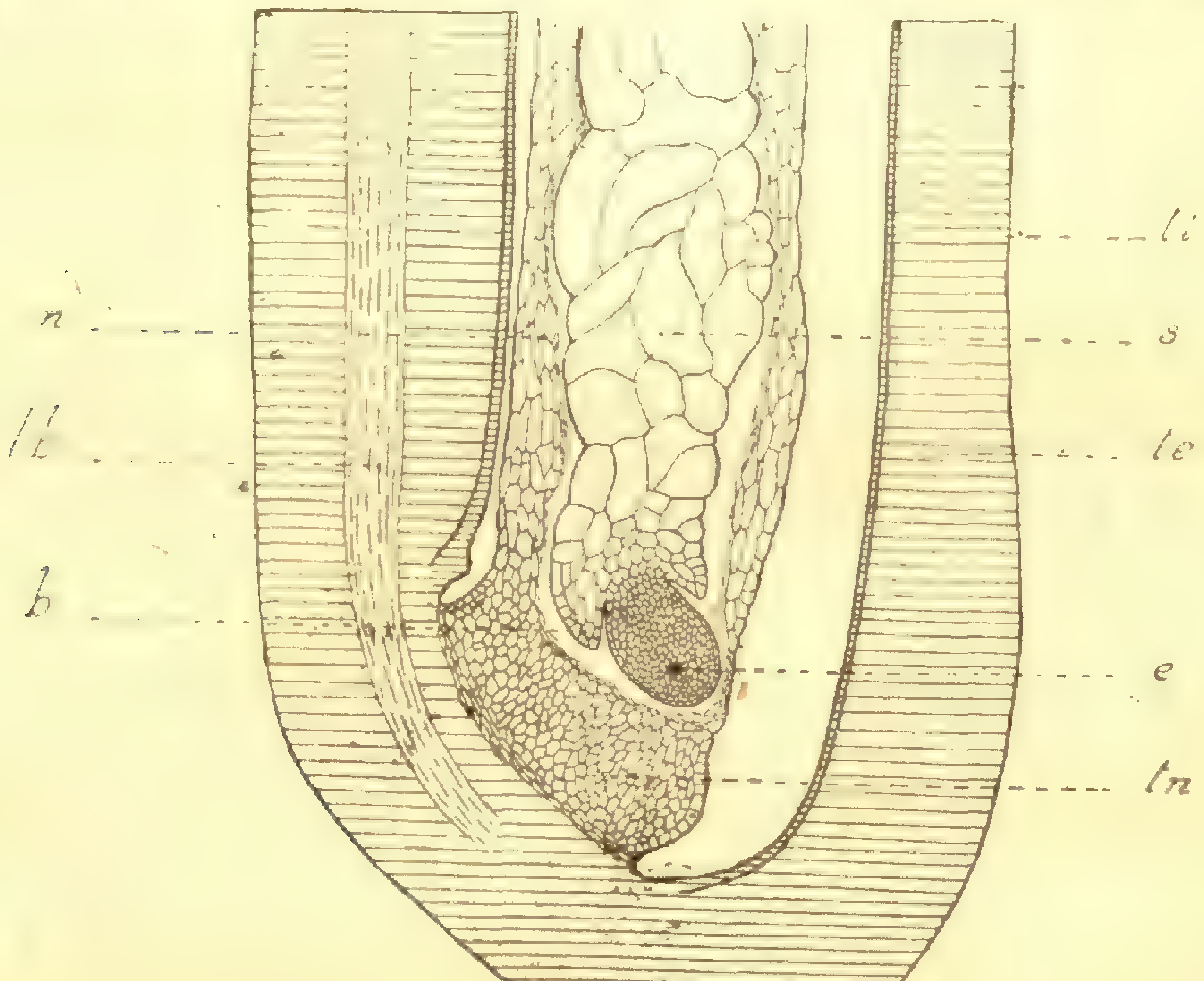


Fig. 2. — Figure mi-schématique d'une coupe verticale, de la région inférieure de l'ovule, montrant la formation du bourrelet basal du suspenseur.

*e*, proembryon ; *s*, suspenseur ; *b*, bourrelet du suspenseur ; *tn*, talon nucellaire ; *n*, nucelle ; *te*, tégument ovulaire externe ; *ti*, tégument ovulaire interne *lb*, faisceau libéro-ligneux. Gross. 55/1.

délimitée, vers le haut, par une surface plane située à une courte distance de l'insertion du nucelle (fig. II, Pl. 4). Le proembryon est porté, par le suspenseur, jusqu'au voisinage de ce talon à l'intérieur duquel il ne pénètre pas.

Un peu plus tard, les cellules des régions moyenne et inférieure du suspenseur sont le siège de quelques recloisonnements longitudinaux et transversaux. En outre, la partie inférieure du dit suspenseur se développe en un *bourrelet circulaire* qui entoure peu à peu la base du proembryon (*b*, fig. 2). L'apparition de ce bourrelet est contemporaine d'un accroissement transversal de l'ensemble du suspenseur qui prend peu à peu la place du nucelle dont il écrase progressivement les cellules. Par la suite, cet accroissement transversal est accompagné d'un accroissement longitudinal qui provoque la rupture du nucelle au niveau de la partie supérieure de son talon.

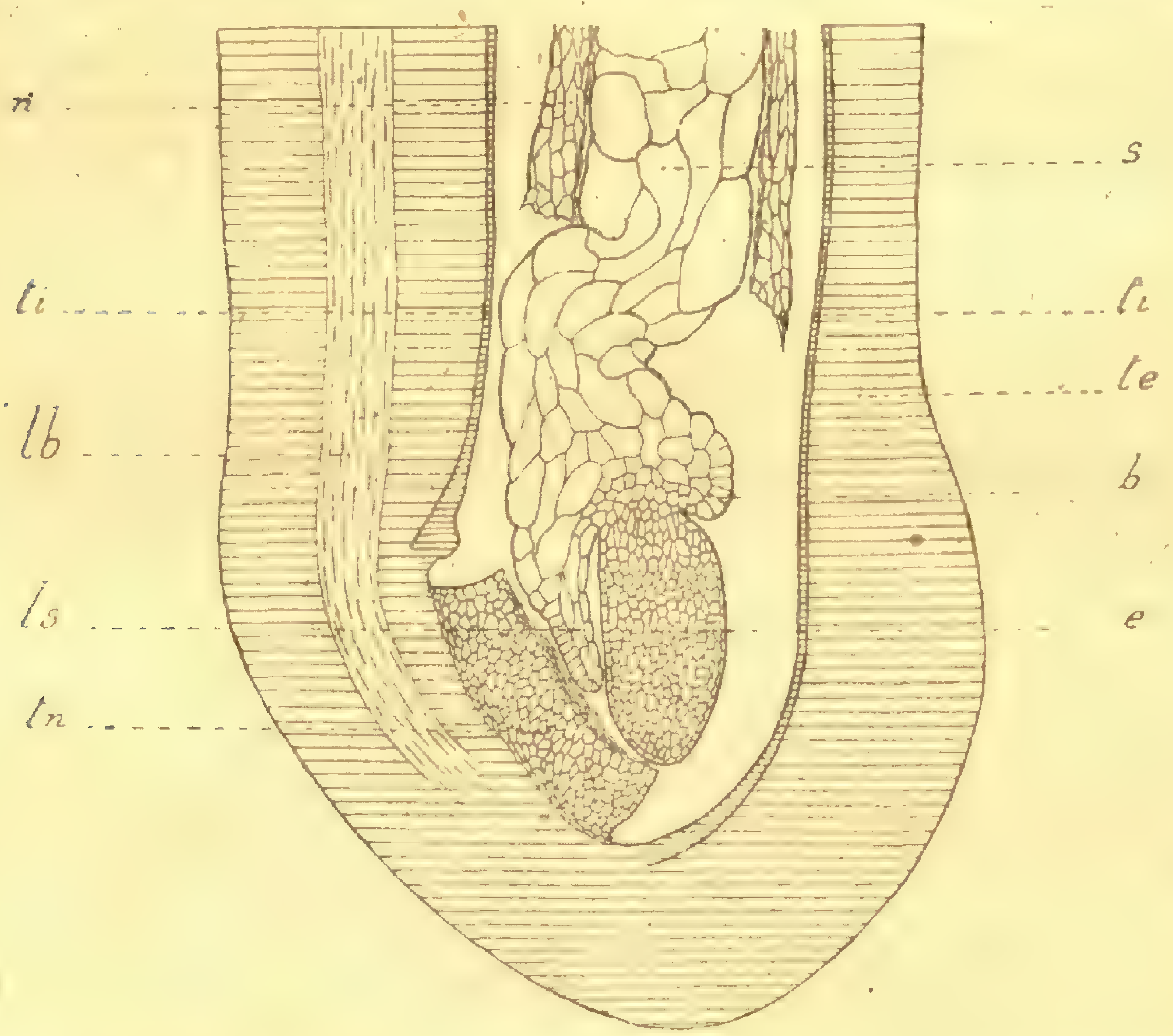


Fig. 3. — Figure mi-schématique d'une coupe verticale de la région inférieure de l'ovule, montrant la formation de la languette suçoir du suspenseur.

*e*, proembryon ; *s*, suspenseur ; *b*, portion externe du bourrelet du suspenseur ; *ls*, portion interne du même bourrelet, début de la languette suçoir ; *n*, nucelle ; *t n*, talon nucellaire ; *t e*, tégument ovulaire externe ; *t i*, tégument ovulaire interne : *l b*, faisceau libéro-ligneux. — Gross. 55/1.

La portion de nucelle, ainsi détachée de sa base, en est progressivement écartée *(n,* fig. 3).

En même temps, le proembryon continue à multiplier ses cellules, lesquelles s'accroissent en outre diamétralement. Il se présente toujours sous la forme d'une masse ovoïde *(e)* et se trouve rejeté peu à peu en dehors de l'axe du nucelle vers l'extérieur. Le bourrelet basal du suspenseur arrête de bonne heure son développement dans sa région extérieure *(b)*, mais il continue à s'allonger, du côté opposé, en s'intercalant entre le proembryon et la surface supérieure du talon nucellaire contre laquelle il vient s'appliquer *(ls)*.

Les différentes parties du suspenseur adulte sont alors ébauchées. Je passe sous silence quelques stades intermédiaires, sans grand intérêt, pour arriver de suite à la description de l'ovule, lorsque le suspenseur atteint son développement maximum (fig. 4 du texte et fig. IV, Pl. 4).

Le proembryon a commencé sa différenciation en embryon *(e)*. La plus grande partie de sa masse est représentée par le gros cotylédon (1) montrant, en son centre, des traces du tissu procambial vasculaire. Ce cotylédon est sensiblement plat vers l'intérieur, avec, parfois, une petite crête médiane. Il est au contraire très bombé vers l'extérieur où il épouse le contour de la cavité ovulaire. A la base du cotylédon, une petite pointe, formée de très petites cellules, représente la portion de l'embryon qui s'allongera plus tard pour en former l'axe.

Le suspenseur *(s)*, dont la partie supérieure porte quelques débris du nucelle résorbé, est constitué par de très grandes cellules, fortement turgescentes, à parois cellulaires minces et protoplasme peu dense, se montrant surtout gonflées de suc cellulaire. Sa région de contact avec l'embryon montre quelques éléments de plus en plus étroits formant passage avec ceux de ce dernier. Les cellules du suspenseur se pelotonnent plus ou moins, surtout dans sa région moyenne, probablement sous l'influence de son accroissement longitudinal contrarié par l'accroissement correspondant moins rapide de la cavité ovulaire. La portion extérieure de son bourrelet basal *(b)*, qui avait déjà cessé tout accroissement au stade précédent, ne recouvre qu'une faible partie de la base de l'embryon. Sa portion intérieure, au contraire, a suivi l'accroissement général et a formé une languette *(ls)* dont l'extrémité inférieure est fixée sur la section du talon nucellaire.

---

(1) Je rappelle ici que l'embryon adulte du *Trapa natans* est pourvu de deux cotylédons très inégaux.

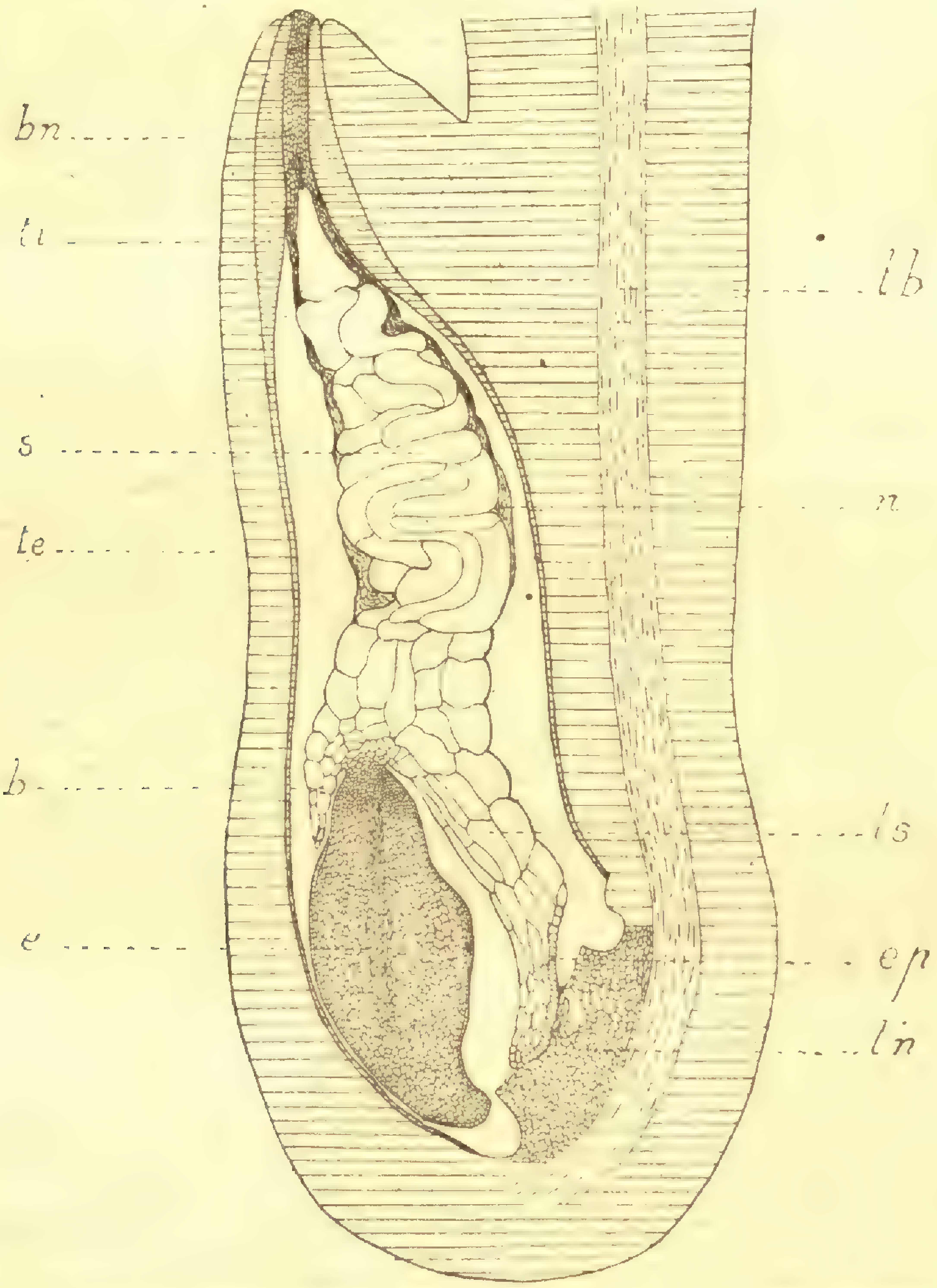


Fig. 4. — Figure mi-schématique d'une coupe verticale de l'ovule montrant le suspenseur complètement différencié.

*e*, embryon ; *s*, suspenseur ; *b*, portion extérieure du bourrelet du suspenseur ; *ls*, portion intérieure du même bourrelet développée en languette suçoir ; *ep*, assise épithéliale de cette languette ; *n*, débris de la partie supérieure du nucelle ; *tn*, talon nucellaire ; *bn*, bec micropylaire du nucelle ; *te*, tégument ovulaire externe ; *ti*, tégument ovulaire interne ; *lb*, faisceau libéro-ligneux. Gross. 40/1.

Il est nécessaire de donner ici quelques détails sur cette languette appendiculaire du suspenseur. Si, quelquéfois, elle recouvre toute la surface, le plus souvent, elle ne recouvre qu'une partie du talon nucellaire au centre duquel elle plonge un peu sa pointe. Elle développe, au contact du dit talon, un véritable épithélium constitué par un rang de petites cellules, pourvues d'un protoplasme dense, d'un gros noyau et présentant toutes les apparences d'une assise digestive (fig. I et III, Pl. 4). La fonction digestive de cet épithélium est indiquée, non seulement par son aspect, mais aussi par la destruction plus ou moins complète des cellules du talon nucellaire à son contact. Je me suis basé sur ces faits pour donner le nom de *languette suçoir* à cet appendice très différencié du suspenseur. On ne remarque à aucun moment, ni dans les cellules du suspenseur, ni dans celles de sa languette suçoir, la présence d'amyloplastes ou d'oléoplastes.

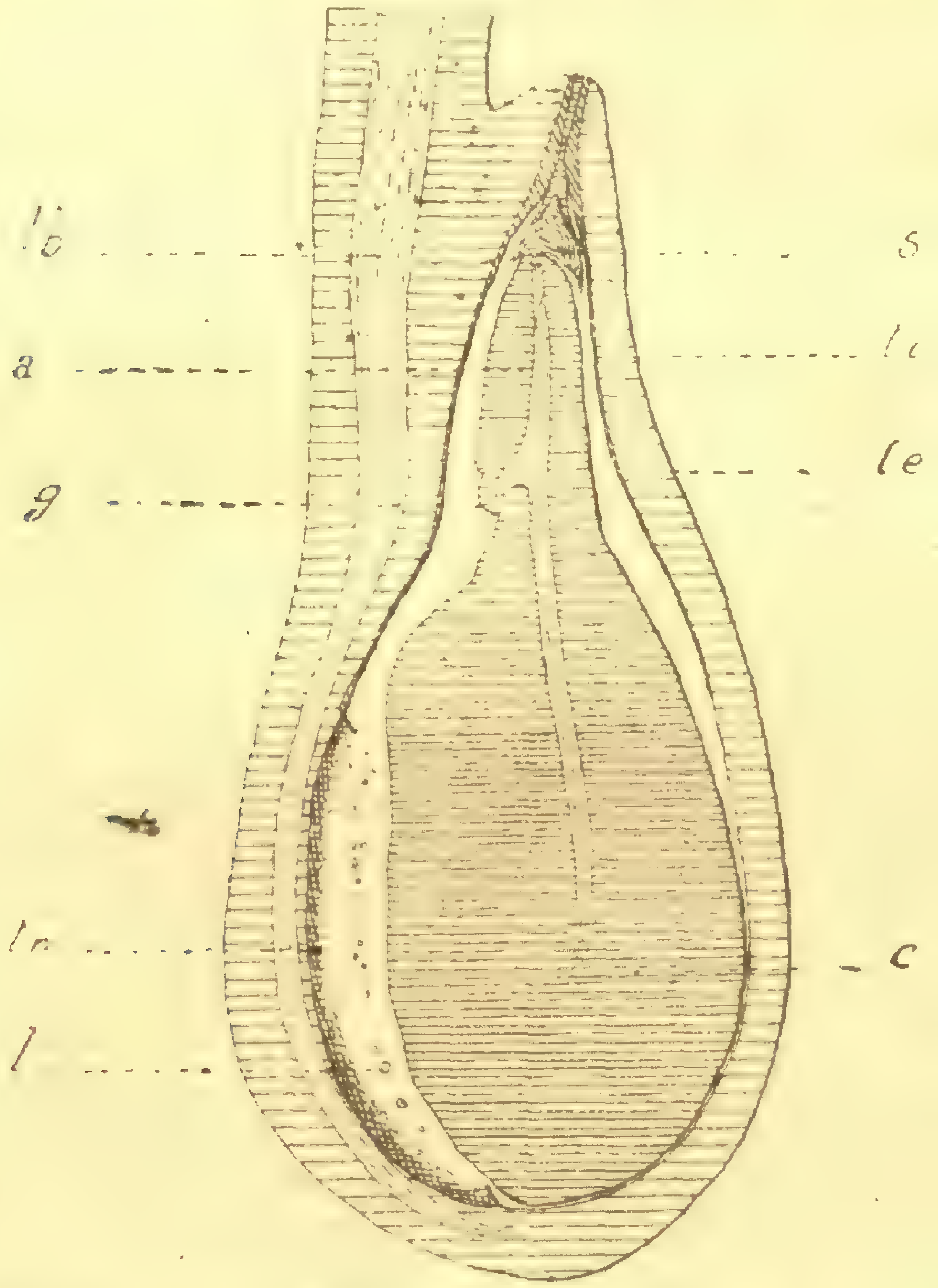


Fig. 5. — Schéma d'une coupe verticale de l'ovule quand la résorption du suspenseur est achevée.

*s*, débris du suspenseur ; *c*, gros cotylédon ; *a*, axe de l'embryon ; *g*, ébauche de la gemmule ; *tn*, talon nucellaire ; *l*, cellules épithéliales dispersées, seuls restes de la languette suçoir ; *te*, *ti*, téguments ovulaires externe et interne ; *lb* faisceau libéro-ligneux. Gross. 40/1.

Par la suite, pendant que l'embryon s'allonge, la languette suçoir demeure toujours en relation avec le talon nucellaire par sa portion épithéliale, mais elle ne suit pas très longtemps l'accroissement longitudinal de l'embryon. Elle s'étire d'abord, en se rétrécissant progressivement, et, finalement, se rompt vers le milieu de sa longueur.

Après la rupture de sa languette suçoir, le suspenseur, qui jusque-là *avait toujours conservé le même volume*, est résorbé progressivement par le jeune embryon qui se développe. On trouve plus tard, à la partie supérieure de la cavité ovulaire, ses restes aplatis (fig. 5).

A l'époque où s'achève la résorption du suspenseur, l'embryon est représenté seulement par un axe court *(a)*, terminé par le gros cotylédon à la base duquel on voit s'ébaucher la gemmule *(g)*. L'embryon, quoique déjà gros, est loin d'avoir atteint sa taille adulte, laquelle, on le sait, est considérable.

Les faits exposés ci-dessus permettent, je le pense, d'attribuer au suspenseur si particulier du *Trapa natans* un rôle dans la nutrition de l'embryon. Tout d'abord, en l'absence d'albumen, suspenseur et embryon se développent ensemble aux dépens des tissus nucellaires qui se résorbent progressivement. Avant même la complète résorption du nucelle, apparaît, à la base du suspenseur, la languette suçoir dont la pointe se met en relation avec le talon nucellaire, c'est-à-dire, s'installe au voisinage de la chalaze, lieu de l'épanouissement du faisceau ovulaire. Il est logique de penser qu'une partie des éléments nutritifs, apportés par le dit faisceau, passe dans l'embryon par l'intermédiaire du talon nucellaire, de la languette suçoir et du suspenseur. Ces éléments nutritifs doivent contribuer, sinon exclusivement, du moins pour une bonne part à l'accroissement de l'embryon (1). En l'absence de produits de réserve figurés (amyloplastes, oléoplastes) sur le chemin suivi par ce courant nutritif, cette hypothèse peut s'appuyer sur les observations suivantes.

---

(1) Il ne faut pas oublier en effet, qu'à dater d'un certain moment de son développement, l'embryon se trouve en contact, par la région extérieure bombée de son cotylédon, avec la paroi ovulaire. Peut-être cette région de contact est-elle le siège d'échanges de matériaux nutritifs ? Je dois faire remarquer, toutefois, que le contact se produit avec le mince tégument interne, dont les cellules, déjà plus ou moins altérées et aplaties, semblent peu propices aux échanges de liquides.

Le suspenseur, seul organe avec lequel l'embryon en voie de développement soit en relation cellulaire directe, ne varie pas de volume tant que la languette suçoir existe. Il paraît donc évident que l'embryon prend alors ses aliments ailleurs que dans le suspenseur, ou, plutôt, que ceux qui lui sont fournis par ce dernier sont aussitôt récupérés par l'intermédiaire de la languette. Après la rupture de cette dernière, le suspenseur ne peut plus réparer ses pertes, aussi le voit-on décroître rapidement jusqu'à sa complète digestion par l'embryon.

Après la disparition du suspenseur, un nouveau mode de nutrition doit être employé par l'embryon.

Mes échantillons n'étaient ni assez nombreux, ni, surtout, assez âgés pour me permettre de faire des recherches en ce sens. Toutefois, les plus âgés d'entre eux (fig. 5) m'ont permis d'entrevoir un autre mode de nutrition, peut-être, lui aussi, temporaire comme celui ayant pour siège le suspenseur. J'ai indiqué plus haut que ce dernier disparaît progressivement. Les cellules de la languette disparaissent également, excepté, toutefois, celles de son épithélium. Sous l'influence de l'extension du talon nucellaire *(tn)* qui suit l'accroissement général de la jeune graine, cet épithélium se disloque. On retrouve ses cellules séparées les unes des autres, disposées sur une rangée plus ou moins rectiligne *(l)* et n'ayant plus *aucun contact* avec la surface du talon nucellaire. Malgré cela, non seulement ces cellules isolées ne dégénèrent pas, mais elles acquièrent, au contraire, un diamètre parfois quatre ou cinq fois équivalent à leur diamètre primitif; leurs noyaux cellulaires s'accroissent dans les mêmes proportions. Ces cellules continuent donc à s'alimenter. Il existe, certainement, un courant de liquides nutritifs s'échappant par la section du talon nucellaire et baignant au passage les cellules isolées de l'épithélium. Ce courant ne serait autre que celui qui empruntait tout d'abord le chemin détourné de la languette suçoir et qui continuerait à se produire, sans intermédiaire, directement vers le cotylédon. Il convient, en outre, de noter que, dans la région qui fait face à la section du talon nucellaire, les couches superficielles de l'embryon montrent un protoplasme beaucoup plus dense que celles de ses autres régions. Elles sont en effet les premières à recevoir le courant nutritif indiqué.

# EXPLICATION DE LA PLANCHE 4

Fig. I. — Portion d'une coupe transversale de la région inférieure de l'ovule. Gross. 95/1.

Cette coupe montre : à gauche, la section du cotylédon de l'embryon ; à droite, celle du talon nucellaire ; entre les deux, la coupe transversale de l'extrémité inférieure de la languette suçoir du suspenseur avec son épithélium.

Fig. II. — Portion d'une coupe verticale de la région inférieure d'un ovule plus jeune que celui de la figure précédente. Gross. 90/1.

L'embryon y est porté jusqu'au contact du talon nucellaire nettement indiqué par la densité du protoplasme de ses cellules.

Fig. III. — Portion d'une coupe verticale de la région inférieure d'un ovule un peu plus âgé que celui de la figure I. Gross. 120/1.

Cette coupe montre : à gauche, la section de la portion interne du cotylédon ; à droite, celle du talon nucellaire ; entre les deux, la coupe verticale de l'extrémité inférieure de la languette suçoir du suspenseur avec son épithélium.

Fig. IV. — Coupe verticale d'un ovule avec suspenseur complètement différencié. Gross. 25/1.

Cette coupe montre l'allure générale du suspenseur bien que ne passant pas exactement par le point de contact de ce dernier avec l'embryon (voir fig. 4, dans le texte).

# L'INULINE
# CHEZ LES VÉGÉTAUX
## GENÈSE ET TRANSFORMATION

*(suite)*

par **M. H. COLIN**

### 4. — Analyse des processus de transformation.

Quels sont les ferments solubles qui interviennent efficacement pour provoquer la dégradation de l'inuline ; est-il possible de saisir le mécanisme de ces transformations et de les reproduire artificiellement ?

Un certain nombre de faits me semblent solidement établis, dont il est permis de tirer quelques conclusions définitives.

Dès le mois d'octobre, le suc d'expression des tubercules évolue *spontanément :* le réducteur augmente en même temps que le pouvoir rotatoire diminue.

| TEMPS EN JOURS | $[\alpha_1]$ à 15° | RÉDUCTEUR POUR 100$^{cm^3}$ DE SUC | $\frac{\text{RÉDUCTEUR}}{\text{SUCRE TOTAL}}$ |
|---|---|---|---|
| 0 | + 4 | 0$^{gr}$24 | 0,016 |
| 1 | + 2 | 0,79 | 0,054 |
| 2 | 0 | 1,60 | 0,108 |
| 3 | — 2 | 1,87 | 0,127 |
| 5 | — 4 | 2,44 | 0,165 |
| 14 | — 12 | 4,56 | 0,309 |
| 19 | — 16 | 5,13 | 0,347 |

L'hydrolyse se poursuit lentement dans les conditions de l'expérience, c'est-à-dire à la température du laboratoire; après six semaines ou deux mois, la transformation est accomplie; le pouvoir rotatoire atteint — 55 environ et le rapport du réducteur au sucre total est égal à l'unité. Il est clair que le suc renferme, à l'époque de l'analyse, tous les ferments nécessaires à son évolution.

Le même suc, additionné d'invertine de levure, est hydrolysé plus *rapidement*. Le tableau suivant résume une expérience, entre autres, effectuée à 35°.

| TEMPS EN HEURES | $[\alpha_1]$ à 15° | RÉDUCTEUR POUR 100$^{cm^3}$ DE SUC | $\frac{\text{RÉDUCTEUR}}{\text{SUCRE TOTAL}}$ |
|---|---|---|---|
| 0 | + 8 | $0^{gr}21$ | 0,014 |
| 15 | — 20 | 4,71 | 0,320 |
| 27 | — 33 | 8,67 | 0,589 |
| 45 | — 50 | 12,30 | 0,836 |
| 96 | — 56 | 14,70 | 1,000 |

On remarque aussitôt que l'hydrolyse progresse plus vite au début : le tiers des polyoses est transformé dans les vingt premières heures. De plus, la diminution du pouvoir rotatoire ne s'effectue pas proportionnellement à l'augmentation du pouvoir réducteur : la moitié environ de l'intervalle compris entre les pouvoirs rotatoires calculés au commencement et à la fin est déjà parcourue alors que la fraction de réducteur n'est encore que d'un tiers. Evidemment, plusieurs substances sont touchées par l'invertine et s'hydrolysent avec des vitesses différentes ; le saccharose, pour lequel la différence $\alpha_1$-$\alpha_2$ est considérable, se dédouble plus rapidement que les principes dérivés de l'inuline.

*Tous les hydrocarbones* présents dans le Topinambour vers la fin de la période de repos ne sont pas directement tributaires de la sucrase de levure. En effet, l'hydrolyse n'est que *partielle* dans les jus déféqués ou bouillis puis additionnés d'invertine.

En ce qui regarde les jus déféqués, tous les dosages, sans exception, établissent le caractère incomplet de l'hydrolyse ; commencée à bonne allure, la réaction se ralentit bientôt, puis ne progresse plus qu'avec lenteur et finalement s'arrête, en dépit de nouvelles additions de sucrase. L'expérience suivante, poursuivie à 35°, est typique à cet égard ; il s'agit de tubercules récoltés et exprimés le 10 février ; on s'est borné à mentionner les pouvoirs rotatoires successifs et les rapports du réducteur au sucre total.

| TEMPS | POUVOIR ROTATOIRE | $\frac{\text{RÉDUCTEUR}}{\text{SUCRE TOTAL}}$ |
|---|---|---|
| 0 | + 3 | 0,01 |
| 2 heures | — 4 | 0,17 |
| 5 — | — 9 | 0,23 |
| 24 — | — 15 | 0,28 |
| 3 jours | — 26 | 0,43 |
| 9 — | — 31 | 0,52 |
| 12 — | — 34 | 0,60 |
| 16 — | — 39 | 0,67 |
| 23 — | — 43 | 0,73 |
| 37 — | — 44 | 0,75 |
| 45 — | — 44 | 0,75 |

De toute évidence, il existe, dans le suc de Topinambour, quelque substance, un ferment soluble vraisemblablement, que la défécation élimine et qui est indispensable à la transformation de l'inuline et des gluco-lévulosanes les plus proches de l'inuline. En l'absence de ce principe, l'hydrolyse se limite au saccharose et à la synanthrine. Comme il était facile de le prévoir, la fraction qui résiste à l'action de la sucrase est de plus en plus restreinte à mesure qu'approche l'époque du bourgeonnement.

Le suc préalablement *soumis à l'ébullition* se trouve dans les mêmes conditions que les jus déféqués : il est privé de tout ferment actif. L'additionne-t-on d'invertine de levure, il s'enrichit en réducteur, sans que jamais l'hydrolyse soit complète.

Le suc des tubercules analysés pendant la période de repos renferme donc quelque chose qu'entraîne le plomb, que détruit la chaleur et sans quoi une partie des polyoses lévogyres résistent à l'invertine. S'agirait-il de *l'inulase* de Green ? On sait que l'auteur a signalé (1), dans les tubercules de Topinambour, *au moment de la germination*, la présence d'un ferment soluble auquel il a donné le nom d'inulase et dont l'action spécifique s'exerce sur l'inuline. La transformation de l'inuline en sucre réducteur s'effectuerait en deux phases, l'enzyme faisant apparaître tout d'abord un corps intermédiaire entre l'inuline et le sucre, ne réduisant pas la liqueur cupro-potassique, mais plus soluble dans l'eau que l'inuline et dialysant plus rapidement. Le phénomène, de l'avis de Green, serait de tout point parallèle au dédoublement de l'amidon par l'amylase.

A l'époque où Green fit ses recherches, on ignorait la composition exacte des réserves hydrocarbonées du Topinambour, ce qui rendait particulièrement difficile l'interprétation de certaines expériences. Green traitait par la glycérine la pulpe préalablement écrasée et soumettait à la dialyse l'extrait glycériné ; de la bouillie dialysée, il faisait deux parts, dont l'une était portée à l'ébullition, et les additionnait toutes deux de la même quantité d'inuline en solution ; après quelques jours, l'extrait non bouilli accusait un fort pouvoir réducteur et l'inuline, affirme l'auteur, avait partiellement disparu.

Envisagées à la lumière de nos connaissances actuelles, de telles expériences ne semblent pas à l'abri de la critique. Les extraits dialysés de Green étaient-ils exempts de tout hydrate de carbone hydrolysable, de synanthrine, en particulier, très abondante dans les tubercules à l'époque de la germination ? En soumettant ces extraits à l'action de la chaleur, Green détruisait le ferment, analogue à la sucrase, qui s'attaque à la synanthrine et qui n'a rien de commun avec l'inulase ; dès lors, l'hydrolyse s'arrêtait dans les dialyseurs contenant les extraits portés à l'ébullition, tandis qu'elle pouvait se poursuivre dans les autres, sans qu'on soit autorisé à tirer de là une preuve certaine de l'attaque de l'inuline par un enzyme spécifique. Il est vrai que l'inuline *diminuait* dans les dialyseurs à extrait non bouilli, mais l'auteur ne donne aucun chiffre à l'appui de son affirmation.

On est en droit de se demander si le corps signalé par Green comme intermédiaire entre l'inuline et le sucre ne préexistait pas dans les extraits ; ce produit ne serait autre chose que la synanthrine du tubercule ou un mélange d'inulénine, d'hélianthénine et de synanthrine provenant de la dégradation de l'inuline à l'intérieur du tubercule.

---

(1) J. R. Green. (*Annals of Botany*, t. I, p. 223, 1888).

Une plus longue discussion au sujet de l'inulase de Green sortirait du cadre de cet exposé. On peut résumer en peu de mots ce que l'on sait présentement des propriétés fermentaires du suc de Topinambour. Les tubercules possèdent certainement une *invertine, analogue sinon identique à la sucrase de levure ;* non seulement le saccharose, mais la synanthrine et l'hélianthénine de Tanret, sont attaqués par cet enzyme. Il doit exister, en outre, dans le suc, un ou plusieurs ferments capables de transformer lentement les principes qui, autrement, résisteraient à l'action de l'invertine.

L'inuline proprement dite, mise au contact de la pulpe, est hydrolysée sans conteste, mais avec une lenteur extrême.

Quant au travail qui s'opère dans les tubercules dès la fin de l'automne et qui aboutit au changement de signe optique du suc, il est possible qu'il soit l'œuvre d'un ferment, mais on ne saurait trop insister sur le caractère spécial de cet enzyme comparé aux diastases hydrolysantes ordinaires, à l'amylase en particulier ; non seulement il morcelle la molécule d'inuline, mais il provoque des isomérisations importantes, les fragments tels que la synanthrine renfermant quatre fois plus de glucose que l'inuline dont ils proviennent.

Green pensait que l'inulase n'apparaît dans les tubercules qu'au moment de leur bourgeonnement ; il est bien établi, au contraire, que la transformation de l'inuline est déjà commencée à la fin de l'automne : les travaux de Dubrunfaut, très anciens à l'époque où Green fit ses recherches, auraient suffi à documenter le savant anglais. Sachs croyait, lui aussi, que le ferment soluble présent dans les tubercules lors de la germination et qu'il jugeait très semblable à l'invertine, n'existe pas auparavant dans la pulpe.

En réalité, les tubercules, même très jeunes, sont susceptibles de transformations profondes. Le suc d'expression évolue avec lenteur ; en présence de sucrase de levure, l'hydrolyse des hydrocarbones est poussée plus loin. Au contraire, dans les jus déféqués ou chauffés à l'ébullition, l'addition d'invertine ne fait apparaître qu'une faible quantité de réducteur. On doit en conclure que les ferments solubles qui interviendront plus tard, durant la période de repos et au moment de la germination, sont déjà représentés dans les tubercules jeunes ou adultes.

L'enrichissement spontané en réducteur du suc des tubercules ou de la pulpe écrasée, suggère l'idée d'une localisation des ferments qui tendrait à limiter les effets de l'hydrolyse. Que l'on vienne à broyer les cellules, les ferments se mêlent à la masse et transforment en réducteur les sucres hydrolysables et les polyoses complexes.

### 5. — Migration de l'inuline du tubercule vers la tige.

Quel est le sort des hydrates de carbone du tubercule lorsque les bourgeons se développent et que la tige s'organise ?

Ils émigrent en grande partie vers la tige. Le tubercule-mère se ramollit et s'appauvrit à mesure que la tige se développe ; il finit par devenir complètement spongieux et, le plus souvent, il tombe en putréfaction.

C'est principalement sous forme de réducteur que les hydrocarbones du tubercule passent dans la tige. A peine représenté durant la période de repos, le réducteur atteint jusqu'à 2 % du poids frais au moment de la germination. Il est formé de quatre parties

| DATE DES ANALYSES | HAUTEUR DE LA TIGE | RÉDUCTEUR | SUCRE TOTAL |
|---|---|---|---|
| 1 V, 1916 | 0m20 | 0gr10 | 9gr05 |
| 10 - — | 0,50 | 0,76 | 5,52 |
| 23 - — | 1,00 | 0,98 | 5,30 |
| 19 VI, — | 1,30 | 1,38 | 3,35 |
| 20 V, 1917 | 0,15 | 0,50 | 9,74 |
| 24 - — | 0,30 | 1,71 | 6,50 |
| 27 - — | 0,35 | 1,73 | 6,31 |
| 28 - — | 0,50 | 1,60 | 6,20 |
| 5 VI, — | 0,60 | 1,11 | 5,01 |
| 7 - — | 0,70 | 1,33 | 4,45 |
| 8 - — | 0,90 | 1,47 | 4,08 |
| 11 - — | 1,00 | 0,88 | 2,20 |
| 16 - — | 1,20 | 0,60 | 1,50 |
| 18 - — | 1,40 | 0,13 | 0,40 |

environ de lévulose pour une partie de glucose, aussi le pouvoir rotatoire du suc change-t-il de signe dès que le tubercule commence à bourgeonner.

On voit que le réducteur reste abondant à l'intérieur des tubercules en dépit des appoints fournis à la tige ; c'est donc qu'il s'en forme sans cesse de nouvelles quantités, aux dépens des hydrocarbones hydrolysables.

Comme on pouvait le prévoir, la tige, dans les premiers temps, renferme surtout du réducteur à côté d'une petite quantité de sucre hydrolysable par l'invertine. Le glucose est prépondérant dans le réducteur de la jeune tige, du moins au niveau de la partie souterraine ; ce fait est digne de remarque si l'on observe que la tige, à ses débuts, ne s'alimente qu'au tubercule qui renferme un grand excès de lévulose.

Lorsque le tubercule achève de se résorber, la tige se suffit à elle-même. Le cycle de la végétation est sur le point de recommencer ; bientôt, l'inuline se condense dans la partie inférieure de la tige et les jeunes tubercules ne tardent pas à faire leur apparition.

## 6. — Conclusions.

L'histoire de l'inuline, dans le Topinambour, tient en quelques propositions.

L'inuline se forme dans la tige, par condensation des sucres, dextrogyres en majeure partie, élaborés par les feuilles. Elle vient s'emmagasiner dans les tubercules où se complète la polymérisation du réducteur. Il est possible que ce phénomène de synthèse soit l'œuvre d'un ferment spécial, mais aucune expérience *in vitro* ne permet de l'affirmer avec certitude.

L'inuline apparaît d'emblée, sans qu'on puisse distinguer différentes étapes dans la synthèse, encore moins isoler des corps intermédiaires entre le glucose et l'inuline. Les tubercules jeunes ou adultes ont une composition identique ; ils renferment de l'inuline surtout, très peu de réducteur et une faible quantité de produits tributaires de l'invertine. Les pouvoirs rotatoires avant et après hydrolyse sont voisins de — 20 et — 75 respectivement.

Dès la fin de l'automne, l'inuline se transforme à l'intérieur du tubercule ; le signe optique du suc, de négatif, devient nettement positif; le rapport du glucose au lévulose augmente dans le sucre total ; la fraction d'hydrates de carbone hydrolysables par la sucrase ne fait que croître. Il ne semble pas que l'inulase de Green soit l'agent efficace de cette lente évolution.

Au moment de la germination, le tubercule s'enrichit en réducteur ; il ne contient plus alors que très peu d'inuline ; le saccharose et les gluco-lévulosanes provenant de la dégradation de l'inuline subissent l'action de l'invertine présente dans la pulpe ; le réducteur qui en résulte émigre vers la tige.

# CHAPITRE II

## L'INULINE DANS LA CHICORÉE.

La Chicorée est un autre type de plante à inuline ; les feuilles sont radicales et déversent directement leur contenu dans la racine. Grafe et Vouk (1) disent avoir rencontré, dans le parenchyme des feuilles, une quantité appréciable d'inuline qui ne fait que s'accroître dans la nervure médiane et le pétiole. La question est d'importance et déborde le cas particulier de la Chicorée. C'est le rôle de polymérisation des organes souterrains qui se trouve remis en cause, aussi bien que la nature des produits résultant directement de l'assimilation chlorophyllienne.

Les anciens auteurs répétaient comme un axiome que le même amidon transitoire élaboré dans les feuilles, puis solubilisé et transporté jusqu'aux organes à réserve, se transforme en inuline dans le tubercule de Dahlia, tandis qu'il repasse à l'état d'amidon dans le tubercule de Pomme de terre.

Ces faits ne représentent plus que des cas isolés si d'autres plantes produisent, dans leurs feuilles, l'inuline qui va s'accumuler dans les racines.

Seule, l'étude approfondie de la nature peut donner la solution de ces problèmes. *A priori*, il semblerait plus logique de regarder les cellules vertes comme le laboratoire de la plante, le lieu où s'élaborent tous les produits que renferment les végétaux ; les organes incolores seraient de simples magasins. Au contraire, si l'on envisage la plante comme un appareil de physique, les lois qui président au cheminement des substances nutritives exigent que la polymérisation des molécules les plus simples à l'état de substances de réserve s'effectue dans les organes mêmes où s'accumulent ces substances, ou tout au moins dans leur voisinage immédiat ; de cette façon, la pression osmotique ne peut s'accroître indéfiniment, la diminution du nombre des molécules, par condensation, étant parallèle à l'augmentation de la concentration.

---

(1) Grafe et Vouk. (*Biochem. Zeitschr.*, t. XLIII, p. 427 et t. XLVII, p. 320, 1912).

### I. Répartition des hydrates de carbone dans la Chicorée.

J'ai analysé principalement la variété de *Cichorium Intybus* appelée vulgairement Chicorée de Magdebourg ou encore Chicorée de Brabant, cultivée à mon intention aux Etablissements de Vilmorin, à Verrières-le-Buisson.

*1° Feuilles.* — Si l'on en croit Grafe, les feuilles de Chicorée de Magdebourg ne renferment que des hydrates de carbone lévogyres : le lévulose et son polymère, l'inuline. L'auteur a trouvé dans le parenchyme foliaire 2, 9 °/₀ d'inuline et autant de lévulose ; dans la nervure médiane 4, 24 d'inuline et 9, 4 de lévulose, ces chiffres se rapportant au poids sec.

Mes analyses m'ont donné des résultats très différents. Les hydrocarbones solubles de la feuille ont un pouvoir rotatoire global nettement *positif* ; il est facile, par la méthode biochimique, d'identifier le saccharose à côté du réducteur ; on ne trouve pas trace d'inuline ; l'amidon est très peu abondant, du moins dans les feuilles adultes.

| DATE DES RÉCOLTES | ORGANES ANALYSÉS | $[\alpha_1]$ | HYDRATES DE CARBONE dans 100 gr. d'organes frais. | |
|---|---|---|---|---|
| | | | RÉDUCTEUR | SACCHAROSE |
| 27 VI 1918, 15 heures.<br>Chicorée de Magdebourg. | *Parenchyme foliaire* | + 20 | $0^{gr},24$ | $0^{gr},12$ |
| | *Nervure médiane* | + 31 | 0,91 | 0,10 |
| | *Pétiole* | + 32 | 0,77 | 0,10 |
| 5 IX 1918, 18 heures.<br>Barbe de Capucin. | *Parenchyme foliaire* | + 30 | 0,12 | 0,31 |
| | *Nervure médiane* | + 30 | 0,38 | 0,21 |
| | *Pétiole* | + 30 | 0,51 | 0,18 |
| 7 X 1918, 15 heures.<br>Chicorée de Magdebourg | *Parenchyme foliaire* | + 15 | 0,40 | 0,50 |
| | *Nervure médiane* | + 21 | 0,69 | 0,30 |

Grafe et son collaborateur ont eu le tort de se passer complètement des données polarimétriques auxquelles ils ne font aucune allusion ; ils ont négligé de séparer, par différents solvants employés successivement, les hydrates de carbone contenus dans les feuilles ;

de plus, ils ont cru pouvoir s'en tenir à la méthode brutale de Sieben pour identifier le lévulose et conclure à l'absence complète de glucose dans les tissus du limbe et du pétiole.

Les seuls hydrates de carbone présents en quantité appréciable dans les feuilles de Chicorée sont donc le glucose, le lévulose et le saccharose. Le rapport du saccharose au réducteur diminue lorsqu'on passe du parenchyme foliaire aux nervures et au pétiole ; c'est la preuve que le sucre cristallisable est hydrolysé à mesure qu'il émigre. En dépit de cette inversion partielle du saccharose, le pouvoir rotatoire global du sucre reste positif dans le pétiole, le glucose l'emportant généralement sur le lévulose dans les tissus sans chlorophylle. Ces faits semblent calqués sur ceux que l'on observe dans la feuille de Betterave (1) où la proportion de saccharose ne fait que baisser du limbe à la base du pétiole, sans que le pouvoir rotatoire résultant cesse d'être positif.

2° *Racine*. — La racine de Chicorée renferme de l'inuline principalement, un peu de saccharose et moins encore de réducteur. Le sucre provenant de l'hydrolyse des hydrates de carbone contenus dans 100 g. de pulpe fraîche peut atteindre 18 à 20 g., dans lesquels le réducteur entre pour 0 g. 5 environ et le saccharose pour une moyenne de 1 g. à 1 g. 5. (2) La présence, dans le suc de Chicorée, de principes dextrogyres est nettement démontrée par le signe optique, toujours positif, des extraits alcooliques. Soumis à l'action de l'invertine de levure, ces extraits deviennent lévogyres ; le recul de la déviation n'est pas imputable à l'hydrolyse du saccharose uniquement ; en effet, la proportion de sucre cristallisable est différente suivant qu'on l'évalue par la méthode de réduction ou d'après les données polarimétriques. Le saccharose n'est donc pas seul attaqué par la sucrase ; il existe, à côté de lui, quelque principe analogue, sinon identique, à la synanthrine du Topinambour.

Sous le nom d'inuline figure, dans le tableau ci-dessous, tout ce qui n'est pas hydrolysé par la sucrase, *in vitro*. La majeure partie de la réserve hydrocarbonée des jeunes racines est dans ce cas.

---

(1) H. COLIN. Le saccharose dans la Betterave (*Rev. gén. de Bot.*, t. XXVIII, 1916, p. 302) et A. DAVIS, J. DAISH et G. SAWYER. (*Journ. Agr. Sc.*, t. VII, 3e partie, février 1916).

(2) On ne saurait trop se mettre en garde, au cours des opérations de dosage, contre l'entraînement des hydrates de carbone par les précipités plombiques ; les défécations à l'acétate basique et même à l'acétate neutre appauvrissent toujours en sucre les extraits de Chicorée. Il importe donc de se rendre compte de la nature et de la proportion des différents hydrates de carbone retenus par les précipités.

| DATE DES ANALYSES | HYDRATES DE CARBONE pour 100 gr. de pulpe fraîche | | |
|---|---|---|---|
| | RÉDUCTEUR | SACCHAROSE | INULINE |
| 27 VI 1917. | 0gr, 61 | 1gr, 02 | 10gr, 02 |
| 18 IX » | 0, 20 | 0, 60 | 14, 50 |
| 25 XI » | 0, 21 | 1, 20 | 15, 60 |
| 28 XI » | 0, 22 | 1, 30 | 15, 40 |
| 25 VII 1918. | 1, 30 | 2, 02 | 14, 62 |
| 1 XI » | 0, 39 | 1, 23 | 18, 02 |
| 5 XI » | 0, 40 | 1, 14 | 16, 52 |
| 18 XI » | 0, 74 | 1, 82 | 16, 70 |
| 22 XI » | 1, 60 | 2, 60 | 16, 50 |

### II. Genèse de l'inuline dans la racine de Chicorée.

On peut affirmer que l'inuline *se forme dans la racine de Chicorée par condensation des hexoses délivrés par le pétiole*. L'inuline prend naissance dans la racine de Chicorée de la même façon que le saccharose dans la souche de Betterave. Dans les deux cas, les feuilles élaborent des sucres qui arrivent à la base du pétiole, principalement sous forme de réducteur où domine le glucose ; puis, dès les premières assises du collet, le saccharose ou l'inuline abondent, le réducteur ne se rencontre plus qu'en très petite quantité. Mais le fait de la condensation des hexoses par la pulpe de la racine est plus facile à saisir dans le cas de la Chicorée. En effet, le saccharose existe déjà dans les feuilles de Betterave ; bien qu'il s'hydrolyse tout le long de la nervure médiane et du pétiole, il se retrouve encore, en faible proportion, au seuil du collet ; rien ne semble s'opposer à ce qu'il pénètre directement dans la souche. Au contraire, l'inuline est totalement absente des feuilles et des pétioles de Chicorée ; le signe optique du suc change brusquement au niveau du plan d'insertion du pétiole sur la racine : positif à la base des pétioles, il devient très fortement négatif dans le collet.

Toutefois, le mécanisme de ces phénomènes de condensation dont la réalité s'impose reste mystérieux. Jusqu'alors, aucune expérience effectuée sur la pulpe ou sur le suc ne permet de conclure à la présence d'un ferment synthétisant qui serait l'agent efficace de la polymérisation du réducteur à l'état d'inuline.

Il faut remarquer que le réducteur, toujours représenté dans la racine, ne s'y trouve jamais qu'en petite quantité (1) ; les conditions dans lesquelles s'opère la synthèse de l'inuline à l'intérieur des racines sont très différentes de celles où l'on se place au laboratoire pour observer l'action réversible des enzymes.

## III. Transformation de l'inuline, dans la racine de Chicorée, pendant la période de repos.

J. Wolff et B. Geslin (2) ont publié récemment un important travail sous le titre : Etude des produits de dégradation diastasique de l'inuline dans la racine de Chicorée. Voici les conclusions essentielles de ce mémoire. Le suc des racines analysées un mois après l'arrachage renferme une faible proportion de réducteur, une quantité notable de matières hydrocarbonées non réductrices attaquables par les levures et de l'inuline qui n'est pas touchée par les mêmes levures ; il ne contient pas d'autre ferment qu'une diatase hydrolysante très fragile. Examiné deux mois après la récolte, le suc offre les caractères suivants : le réducteur est un peu plus abondant ; l'inuline a considérablement diminué, 16 °/₀ seulement des hydrates de carbone présents dans le suc résistent à l'action de la levure. L'inuline s'est donc partiellement transformée, à l'intérieur de la racine, en produits fermentescibles pour lesquels les auteurs proposent le nom d' « inulides » ; cette transformation serait l'œuvre d'une diastase opérant avec une extrême lenteur. Le suc possède, en outre, un ferment très actif, agissant sur les inulides de la même façon que la sucrase de la levure. Sous l'action de ces diastases, les hydrates de carbone contenus dans le suc d'expression sont intégralement saccharifiés. Les inulides ou substances non réductrices résultant de la dégradation de l'inuline sont diversement attaqués par les différentes races de levures ; il y a donc lieu d'admettre l'existence de plusieurs inulides.

---

(1) Les racines très jeunes en possèdent plus que les racines adultes ; j'ai observé le même fait sur les racines de Betterave. (*C. R. Ac. Sc.*, t. CLIX, p. 687, 1914).

(2) J. Wolff et B. Geslin. (*Ann. Inst. Pasteur*, t. XXXII, p. 71, 1918).

Je vais exposer maintenant le résultat de mes propres recherches. Les racines, au moment de l'arrachage, ont bien la composition indiquée par Wolff et Geslin ; les auteurs, toutefois, n'ont jamais mentionné (1), sinon en réponse à une observation de ma part, la présence du saccharose parmi les hydrates de carbone de la racine.

Il n'est pas exact que le réducteur libre que contient la racine soit formé de lévulose exclusivement ; soit, en effet, une liqueur résultant de l'épuisement de 100 g. de pulpe fraiche par l'alcool fort à l'ébullition ; après élimination de l'alcool et défécation, l'analyse accuse 5 g. 24 d'hydrates de carbone dans lesquels le réducteur entre pour 0 g. 60 et le saccharose pour 1 g. au maximum ; le reste est formé de lévulosanes à faible poids moléculaire ; le pouvoir rotatoire est *positif*, égal à + 1,5 environ ; le saccharose suffisant à peine à neutraliser optiquement les lévulosanes, il est évident que le mélange serait lévogyre si le réducteur libre n'était formé que de lévulose.

Cette observation et la précédente n'ont d'autre but que de souligner la présence du glucose, en petite quantité, parmi les produits d'hydrolyse de la réserve hydrocarbonée.

Le suc des racines jeunes, abandonné à lui-même, évolue spontanément, mais avec lenteur. La proportion de réducteur croît insensiblement ; l'hydrolyse peut atteindre ainsi un tiers des hydrocarbones. Les ferments dont l'activité sera considérable durant les mois d'hiver sont donc représentés déjà, en partie du moins, dans les racines en voie de développement.

Le suc soumis à l'ébullition ou déféqué ne subit aucune modification. L'additionne-t-on de sucrase de levure, son pouvoir réducteur augmente, mais faiblement. La chaleur ou la défécation ont donc détruit quelque ferment s'attaquant à l'inuline ou à ses satellites.

Pendant l'automne et l'hiver, les racines laissées en terre ou conservées en cave subissent des transformations profondes qui se traduisent par les phénomènes suivants. Le suc s'enrichit quelque peu en réducteur ; l'action de la sucrase, *in vitro*, est plus énergique.

En même temps, le pouvoir rotatoire direct du suc croît en valeur algébrique, sans toutefois devenir positif, comme c'est le cas dans le tubercule de Topinambour ; le pouvoir rotatoire des produits d'hydrolyse est situé entre — 65 et — 70 à 15° ; à la même température, le lévulose a pour constante — 92.

---

(1) J. Wolff et B. Geslin. (*C. R. Ac. Sc.*, 11 mars 1918) et H. Colin. (*C. R. Ac. Sc.*, 18 février 1918).

| DATE DES ANALYSES | $[\alpha_1]$ | HYDRATES DE CARBONE dans 100 grammes de pulpe fraîche | | |
|---|---|---|---|---|
| | | SUCRE TOTAL | RÉDUCTEUR | HYDROLYSÉ par la sucrase |
| *1re Série.* | | | | |
| 20 XI 1917. | — 18 | 14gr,52 | 0gr,20 | 2gr,30 |
| 25 XI » | — 19 | 14, 45 | 0, 30 | 2, 22 |
| 14 XII » | — 13 | 13, 95 | 0, 50 | 4, 70 |
| 25 I 1918. | | 16, 20 | 0, 44 | 3, 90 |
| 15 II » | —13 | 15, 20 | 0, 46 | 4, 80 |
| 18 II » | | 13, 94 | 1, 39 | 5, 70 |
| *2me Série* | | | | |
| 5 XI 1918 | — 22 | 18, 26 | 0, 30 | 1, 14 |
| 15 XI » | — 20 | 13, 16 | 0, 30 | 1, 23 |
| 18 XI » | — 18 | 17, 92 | 0, 74 | 1, 82 |
| 22 XI » | — 17 | 16, 80 | 1, 01 | 2, 60 |
| 13 XII » | — 13 | 14, 56 | 0, 52 | 6, 92 |
| 15 XII » | — 17. | 16, 06 | 1, 40 | 6, 65 |
| 30 XII » | — 11 | 13, 01 | 0, 63 | 6, 05 |
| 15 I 1919 | — 9 | 17, 70 | 0, 50 | 7, 02 |
| 30 I » | — 8 | 16, 20 | 0, 55 | 6, 90 |
| 15 II » | | 15, 50 | 0, 70 | 7, 95 |
| 30 II » | | 15, 01 | 0, 80 | 8, 20 |

Ce tableau se rapporte à la variété de Magdebourg ; les Chicorées améliorées que l'on cultive pour café et dont la racine peut atteindre un poids de 800-1000 g., ne se comportent pas différemment. J'ai analysé, au 15 décembre, plusieurs échantillons des Chicorées à café sélectionnées aux établissements de Vilmorin. La teneur en hydrates de carbone, pour 100 g. de pulpe, est de 18 à 20 g., comprenant 1 g environ de réducteur libre et 8 à 10 g. de polyoses hydrolysables par l'extrait de levure.

A mesure que la période de repos se prolonge, la proportion d'hydrates de carbone fermentescibles augmente dans le suc. En opérant toujours avec la même levure, — une levure ordinaire de distillerie —, j'ai vu le résidu non fermentescible tomber, en janvier, à 35 °/₀ de la matière hydrocarbonée totale ; il était de 80 °/₀ dans les racines jeunes en juillet-août.

Ces divers phénomènes sont le résultat de l'enrichissement de la pulpe en diastase. Dès le mois de décembre, le suc d'expression, abandonné à lui-même, évolue spontanément jusqu'à la transformation complète des polyoses en sucres réducteurs. Voici du suc de Chicorée exprimé le 15 décembre ; sa richesse en hydrates de carbone est de 19 g.,6 pour 100 $cm^3$ ; placé au B.M. à 35°, en présence de toluène comme antiseptique, il s'enrichit progressivement en réducteur.

| TEMPS | RÉDUCTEUR P. 100 $CM^3$ | TEMPS | RÉDUCTEUR P. 100 $CM^3$ |
|---|---|---|---|
| 0 | $0^{gr}$,66 | 10 jours | $11^{gr}$,70 |
| 2 jours | 4, 92 | 15 » | 14, 50 |
| 4 » | 7, 40 | 25 » | 18, 20 |
| 6 » | 9, 12 | | |

Deux diastases ou deux sortes de diastases doivent intervenir au cours de ces transformations : un ferment analogue à la sucrase et un autre ferment, beaucoup moins connu, dont l'action s'exerce sur les lévulosanes les plus condensées.

La pulpe de Chicorée, mise au contact d'une solution de saccharose, en détermine l'hydrolyse. On est donc porté à opérer un rapprochement entre la diastase hydrolysante de la racine de Chicorée et l'invertine de levure.

Il est facile de substituer, dans le suc d'expression, la sucrase de levure au ferment que renferme normalement la pulpe ; il suffit de porter le suc à l'ébullition pour détruire tous les enzymes qu'il peut contenir et de l'additionner ensuite d'extrait de levure. On s'aperçoit alors que l'invertine retirée des levures ordinaires de brasserie étend son action bien au-delà du saccharose et que le pouvoir rotatoire des produits d'hydrolyse est algébriquement beaucoup plus faible que celui du sucre interverti.

La sucrase atteint donc, dans le suc de Chicorée, le saccharose d'abord et un ou plusieurs polyoses plus riches en glucose que l'inuline proprement dite.

La courbe d'hydrolyse, par la sucrase, du suc préalablement bouilli présente, pour une valeur du temps assez rapprochée de l'origine, un point anguleux très net ; deux substances au moins sont donc touchées par l'enzyme et se transforment avec des vitesses différentes. Dans l'expérience suivante, le suc, exprimé le 28 décembre, a été porté à l'ébullition et, après refroidissement, additionné d'invertine, puis abandonné, en présence de toluène, à l'étuve à 32° ; le tableau montre l'accroissement du pouvoir réducteur.

| TEMPS | RÉDUCTEUR P. 100 $cm^3$ | TEMPS | RÉDUCTEUR P. 100 $cm^3$ |
|---|---|---|---|
| 0 | $0^{gr},50$ | 7 jours | $5^{gr},70$ |
| 1 jour | 2, 50 | 14 » | 7, 03 |
| 2 » | 3, 40 | 20 » | 7, 10 |
| 3 » | 4, 20 | | |

La vitesse d'hydrolyse, qui est d'abord de 2 g. par vingt-quatre heures, tombe à 0 g., 90 dès le second jour, à 0 g., 80 le troisième ; elle n'est plus que de 0 g., 37, en moyenne, les quatre jours suivants.

L'augmentation du pouvoir réducteur n'est pas proportionnelle au recul de la déviation polarimétrique ; le pouvoir rotatoire diminue très rapidement, dans les débuts de l'hydrolyse. Suivons les transformations du suc déféqué, étendu de son volume d'eau et additionné de sucrase ; les dosages successifs accusent 0 g., 36, 1 g., 12, 2 g., 12 de réducteur pour 100 $cm^3$, alors que la déviation passe de — 1° 18′ à — 2° 10′ et — 2° 42′. Entre la première analyse et la seconde, le réducteur augmente de 0 g., 76 et la différence des lectures polarimétriques est égale à 52′ ; de la seconde à la troisième analyse, le réducteur augmente de 1 g., la déviation ne recule que de 32′ ; l'indice de réduction enzymolytique ne reste donc pas constant au cours de la réaction ; c'est une preuve certaine que plusieurs substances, dont les coefficients optiques d'inversion ont des valeurs assez éloignées, sont touchées par l'extrait de levure et s'hydrolysent avec des vitesses différentes. Il s'agit évidemment du saccharose et des lévulosanes à faible poids moléculaire. Le saccharose et la synanthrine, par exemple, donnent approximativement la même quantité de réducteur, mais l'écart des pouvoirs rotatoires avant et après hydrolyse est de 74 pour le saccharose et de 47 seulement pour la synanthrine, à la température de 22°.

Si longtemps que l'on fasse agir l'invertine de levure sur le suc bouilli ou déféqué, l'hydrolyse n'est jamais totale ; l'action du ferment est plus profonde à mesure que se prolonge la période de repos, mais elle reste toujours limitée.

Et cependant, le suc non chauffé évolue jusqu'à la saccharification complète de tous les polyoses ; il renferme donc un ou plusieurs ferments solubles, distincts de la diastase hydrolysante, et qui s'attaquent aux lévulosanes que ne peut atteindre immédiatement la sucrase.

Le travail qui s'opère lentement dès le mois d'octobre s'achève plus rapidement dans la pulpe râpée ou le suc d'expression, en raison du mélange intime des ferments et des hydrates de carbone.

La dégradation de l'inuline à l'intérieur des cellules de la racine est un fait indéniable ; il est non moins certain que la proportion de glucose augmente parallèlement dans le sucre total. Ces phénomènes semblent devoir être attribués à l'intervention d'une ou plusieurs diastases opérant avec une extrême lenteur dans la pulpe de la racine. Pour mettre en évidence le jeu de ces ferments, il faudrait savoir reproduire *in vitro* la série de ces transformations en faisant agir sur l'inuline pure le suc ou la pulpe de Chicorée ; on verrait si les produits intermédiaires peuvent être identifiés avec ceux que l'on rencontre dans la racine de Chicorée pendant les mois d'hiver. C'est là une opération difficile. Jusqu'à présent, Green est le seul auteur qui ait obtenu l'hydrolyse relativement rapide de l'inuline, au moyen d'une pulpe végétale — la pulpe du tubercule de Topinambour en voie de germination — avec formation transitoire d'une lévulosane plus facilement dialysable, plus soluble dans l'eau et l'alcool que l'inuline proprement dite. J'ai énuméré les raisons pour lesquelles le travail de Green, dépourvu de données précises, me semble manquer de rigueur.

A plusieurs reprises, j'ai additionné d'inuline, préparée par moi-même, le suc ou la pulpe râpée de la racine de Chicorée ; l'inuline est attaquée, mais si lentement qu'il m'a été impossible, jusqu'à présent, de saisir le mécanisme de cette transformation. Voici l'une des dernières expériences : 10 g. de pulpe d'une racine de Magdebourg arrachée en décembre sont additionnés de 20 cm$^3$ d'eau et de 0 g., 45 d'inuline ; on abandonne à l'étuve à 32°, en présence de toluène ; 25 jours plus tard, on dose le réducteur formé ; on trouve 2 g., 20, en moyenne, de réducteur ; les matras témoins en renferment 1 g., 90 seulement ; c'est donc environ 0 g., 30 d'inuline qui ont été amenés à l'état de réducteur en l'espace d'un mois, dans les conditions de l'expérience. On porte envie à Green qui obtenait des résultats en deux jours.

## IV. L'inuline dans la Chicorée de seconde année.

Les racines de Chicorée gèlent très difficilement ; on peut donc les laisser en terre pendant l'hiver ; de la sorte, la végétation reprend de bonne heure et les plantes montent rapidement à graines. La tige, à ses débuts, s'organise aux dépens des matériaux livrés par la racine, aussi voit-on la réserve hydrocarbonée diminuer progressivement. L'émigration s'effectue sous forme de réducteur ; jamais cependant la racine saine ne renferme plus de 3 à 4 $^{0}/_{0}$ de réducteur ; les polyoses s'hydrolysent donc lentement, au fur et à mesure des besoins de la tige.

| DATE DES ANALYSES | HYDRATES DE CARBONE POUR 100 GR. DE RACINE FRAICHE | | |
|---|---|---|---|
| | SUCRE TOTAL | RÉDUCTEUR | QUANTITÉ HYDROLYSÉE PAR LA SUCRASE |
| 4 III 1918 | 11$^{gr}$, 25 | 1$^{gr}$, 02 | 4$^{gr}$, 45 |
| 15 IV » | 9, 45 | 1, 04 | 3, 50 |
| 2 V » | 7, 74 | 1, 26 | 3, 59 |
| 8 V » | 7, 22 | 2, 74 | 2, 96 |
| 19 V » | 8, 90 | 3, 33 | 2, 23 |
| 30 V » | 5, 42 | 2, 29 | 1, 54 |

L'énorme quantité de matière hydrocarbonée accumulée dans la racine, surtout dans les variétés culturales de Chicorée à café dont la souche peut atteindre un kilo, est hors de proportion avec la consommation faite par les jeunes tiges ; celles-ci sont très vite en état de se suffire et, le plus souvent, la racine tombe en décomposition alors qu'elle renferme encore une partie de ses réserves ; c'est pourquoi, dans la pratique, on utilise comme porte-graines des planchons, c'est-à-dire de petites racines provenant de semis tardifs.

La tige, analysée vers le moment de la floraison, contient surtout du réducteur et une quantité moindre de matière hydrocarbonée attaquée par l'invertine et qui, dans la partie supérieure, est formée uniquement de saccharose.

Grafe et Vouk se sont livrés à une étude approfondie de la graine de Chicorée ; d'après ces auteurs, le lévulose et l'inuline sont les seuls hydrates de carbone de la graine de Magdebourg. La Chicorée réaliserait ainsi le type accompli d'une plante à lévulose : feuilles, nervures, racines, tige, graines ne contiendraient que du lévulose et de l'inu-line.

En réalité, *la graine de Chicorée ne renferme pas d'inuline*. La réserve hydrocarbonée est constituée par du *saccharose* essentiellement. Un lot de graines de la variété de Magdebourg, récolté à Verrières-le-Buisson, conservé à l'abri de l'humidité et analysé en janvier, possédait, à cette date, 2 g., 08 °/₀ d'hydrates de carbone, comprenant 0 g., 40 seulement de réducteur et 1 g., 5 de sucre cristallisable ; l'alcool fort prend aux graines la totalité de la matière hydrocarbonée ; le pouvoir rotatoire direct du mélange est positif ; il devient négatif après action de la sucrase.

## V. Conclusions.

L'inuline se forme dans la racine *exclusivement* ; ni le limbe, ni le pétiole des feuilles de Chicorée n'en renferment la moindre trace.

Les seuls hydrates de carbone qui pénètrent dans la racine pour s'y condenser à l'état d'inuline sont des *sucres*, mélange de saccharose, de glucose et de lévulose dont le pouvoir rotatoire est nettement *positif*.

Dans l'état actuel de la science, on ne peut formuler que des hypothèses sur la synthèse de l'inuline par les cellules de la racine de Chicorée ; il est possible qu'elle soit l'œuvre d'un ferment ; toutefois, le réducteur ne se rencontrant jamais qu'en très petite quantité dans la racine, les conditions dans lesquelles s'opère la synthèse de l'inuline sont très différentes de celles où l'on se place au laboratoire pour observer l'action réversible des enzymes.

La condensation des sucres à l'état d'inuline se produit-elle d'un seul bond, sans qu'il soit possible de saisir les intermédiaires, ou la nature procède-t-elle par étapes, s'arrêtant plus ou moins longtemps aux lévulosanes à petite molécule qui se polymériseraient à leur tour à partir d'une certaine concentration ? C'est un fait qu'il subsiste constamment, dans la racine de Chicorée, une certaine quantité de ces lévulosanes que l'on pourrait peut-être considérer comme un vestige de la synthèse de l'inuline proprement dite : dans cette hypothèse, on devrait s'attendre à voir augmenter la proportion d'inuline à mesure que la racine approche de la maturité. L'observation ne révèle rien de semblable : l'inuline est aussi abondante dans les racines jeunes que dans les racines adultes ; aucune période de la végétation ne se fait remarquer par une richesse particulière de la racine en réducteur ou en lévulosanes à faible poids moléculaire.

Dès les premières semaines de la période de repos, les substances hydrocarbonées subissent, dans la racine de Chicorée, des transformations profondes. La proportion d'inuline s'abaisse tandis que, parallèlement, les lévulosanes hydrolysables par la sucrase de levure prennent plus d'importance. La quantité de saccharose n'augmente pas autant que dans le tubercule de Topinambour, aussi le suc reste-t-il lévogyre. Ces phénomènes ne correspondent pas à un morcellement pur et simple de la molécule d'inuline ; en effet, les lévulosanes issues de l'inuline, hydrolysées, livrent une quantité de glucose bien supérieure à celle que renferme l'inuline proprement dite.

On sait peu de choses du mécanisme de ces transformations. Le phénomène est peut-être de nature diastasique, mais les ferments qui interviennent opèrent avec une telle lenteur que leur étude est particulièrement difficile ; en dépit d'essais répétés, je ne suis pas arrivé, jusqu'alors, à reproduire aisément et avec une rapidité suffisante, la dégradation de l'inuline au moyen de la pulpe râpée de la racine de Chicorée.

Il est clair que l'évolution du suc d'expression n'apporte sur la question que des renseignements incomplets ; à l'époque où cette évolution est possible, une grande partie de la réserve hydrocarbonée ne se trouve déjà plus à l'état d'inuline proprement dite.

La diastase hydrolysante, très abondante dans la pulpe, n'a rien de commun avec les enzymes qui déterminent la dégradation de l'inuline ; son rôle se borne à faire passer à l'état de réducteur le saccharose et les lévulosanes résultant de la transformation de l'inuline.

*(A suivre)*

# VARIATION
# DES SUBSTANCES HYDRO-CARBONÉES
# DANS LES FEUILLES

**par M. Émile MICHEL-DURAND**

*(suite)*

---

Les feuilles coriaces ont été récoltées en même temps que les feuilles de l'année et de la même façon. La tableau VIII A donne les résultats des analyses rapportés à 1000 feuilles ; le tableau VIII B donne ces mêmes résultats rapportés à 100 gr. de substance sèche.

A l'examen du tableau VIII A on voit que :

1° Les feuilles âgées accusent un poids sec plus considérable que les jeunes feuilles ;

2° Les feuilles coriaces sont plus riches en sucres réducteurs que les mêmes organes de l'année ; cette richesse est sans doute subordonnée à la différence de poids sec. La comparaison des tableaux ayant trait aux analyses de 100 gr. de substance sèche donneront d'utiles indications à ce sujet. Mais les lois de variation des sucres simples et complexes sont absolument identiques dans les deux sortes de feuilles et les différences ne portent que sur les valeurs absolues des maxima et des minima.

3° Les vieilles feuilles paraissent être beaucoup plus pauvres en sucres non réducteurs à base de lévulose que les mêmes organes de l'année ; mais on remarquera qu'elles contiennent en plus des sucres solubles *non* précipitables par l'acétate neutre de plomb, non dédoublés par l'invertine dans les conditions de l'expérience, et qui, très certainement, sont identiques aux sucres non réducteurs des jeunes feuilles. L'action de la sucrase a dû être gênée par l'excès des composés tanniques et mucilagineux qui abondent dans les feuilles âgées. Ce même résidu sucré était pratiquement nul dans les feuilles de l'année.

## TABLEAU VIII

### FEUILLES CORIACES DE LIERRE

| DATES DES RÉCOLTES | SUCRES SOLUBLES DANS L'ALCOOL | | | SUCRES SOLUBLES DANS L'EAU DEXTRINES | TOTAL DES SUCRES SOLUBLES | GLUCOSIDES | POLYSACCHARIDES INSOLUBLES | | | | TOTAL DES SUCRES INSOLUBLES | TOTAL DES SUCRES SOLUBLES et INSOLUB. | POIDS SEC DE 1000 feuil. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Réducteurs | Non réduct. | Sucres non dédoublés par l'invertine; non pptés par l'acétate de Pb | | | | AMIDON | Amyloïdes | HÉMICELLULOSES | Celluloses facilem$^{\text{ent}}$ hydrolys. | | | |
| **A. — RÉSULTATS DES ANALYSES, EN GRAMMES, RAPPORTÉS A 1000 FEUILLES SANS PÉTIOLE** | | | | | | | | | | | | | |
| 24 Juin | 9, 025 | 1, 075 | 6, 820 | 0, 250 | 17, 170 | 14, 405 | 2, 000 | 4, 160 | 1, 325 | 1, 500 | 8, 985 | 40, 560 | 156,080 |
| 9 Août | 7, 200 | 3, 420 | 9, 632 | 0, 256 | 20, 508 | 9, 152 | 2, 000 | 4, 626 | 1, 136 | 1, 460 | 9, 222 | 38, 882 | 153,120 |
| 9 Sept$^{\text{bre}}$ | 6, 800 | 2, 500 | 8, 675 | 0, 325 | 18, 300 | 16, 215 | 1, 700 | 3, 860 | 1, 300 | 1, 575 | 8, 435 | 42, 950 | 154,670 |
| 29 Oct$^{\text{bre}}$ | 8, 400 | 3, 600 | 12, 720 | 0, 400 | 25, 120 | 14, 220 | 1, 000 | 5, 460 | 2, 200 | 1, 450 | 10, 110 | 49, 450 | 172,900 |
| 4 Déc$^{\text{bre}}$ | 8, 900 | 2, 100 | 12, 040 | 0, 450 | 23, 490 | 14, 130 | 0, 500 | 4, 270 | 1, 870 | 1, 300 | 7, 440 | 45, 060 | 160,235 |
| **B. — RÉSULTATS DES ANALYSES RAPPORTÉS A 100 GRAMMES DE SUBSTANCE SÈCHE** | | | | | | | | | | | | | Rapports des poids secs aux poids frais |
| 24 Juin | 5, 785 | 0, 689 | 4, 371 | 0, 160 | 11, 005 | 9, 234 | 1, 282 | 2, 666 | 0, 850 | 1, 000 | 5, 798 | 26, 037 | 0, 350 |
| 9 Août | 4, 703 | 2, 234 | 6, 291 | 0, 167 | 13, 400 | 5, 977 | 1, 300 | 3, 023 | 0, 742 | 0, 954 | 6, 019 | 25, 391 | 0, 348 |
| 9 Sept$^{\text{bre}}$ | 4, 395 | 1, 616 | 5, 581 | 0, 210 | 11, 802 | 10, 488 | 1, 100 | 2, 490 | 0, 848 | 1, 016 | 5, 454 | 27, 737 | 0, 335 |
| 29 Oct$^{\text{bre}}$ | 4, 855 | 2, 081 | 7, 352 | 0, 231 | 14, 519 | 8, 243 | 0, 581 | 3, 156 | 1, 271 | 0, 838 | 5, 846 | 28, 608 | 0, 353 |
| 4 Déc$^{\text{bre}}$ | 5, 555 | 1, 310 | 7, 525 | 0, 281 | 14, 671 | 8, 831 | 0, 350 | 2, 669 | 1, 170 | 0, 813 | 4, 662 | 28, 164 | 0, 365 |

4° D'une façon générale, les feuilles plus âgées paraissent accuser une teneur plus considérable en sucres solubles et en sucres insolubles, surtout en amidon. Mais à mesure que l'on considère des feuilles plus âgées, les différences signalées plus haut s'atténuent de plus en plus, si bien qu'en janvier, les feuilles de même aspect doivent avoir sensiblement la même composition. Déjà dès le 4 décembre, les rapports du poids sec au poids frais pour les deux récoltes sont respectivement 0, 365 et 0. 367 c'est-à-dire pratiquement égaux.

Il reste maintenant à savoir si cette différence de composition entre les deux sortes de feuilles et surtout la plus grande teneur des feuilles coriaces en hydrates de carbone ne proviendrait pas de l'excès de poids sec que présentent ces dernières sur les mêmes organes plus jeunes. La comparaison des tableaux des analyses rapportées à 100 gr. de substance sèche est intéressante à ce sujet. On voit d'une façon générale, en tenant compte de la remarque signalée plus haut à propos des sucres non réducteurs, que les chiffres sont sensiblement identiques pour toutes les catégories de sucres et ne présentent que des écarts relativement faibles, à l'exception toutefois des cas particuliers suivants : 3 °/o au lieu de 5 °/o pour les sucres réducteurs en décembre ; 25, 8 °/o au lieu de 28 °/o pour la totalité des sucres à la même date.

Si on considère maintenant les chiffres se rapportant aux deux sortes de feuilles pour les récoltes du 4 décembre :

| | | *Jeunes feuilles* | *Vieilles feuilles* |
|---|---|---|---|
| **Sucres non réducteurs et réducteurs** | °/o | 8 — 3 | 8, 5 — 5, 5 |
| **Dextrines** | » | 0, 2 | 0, 3 |
| **Sucres solubles** | » | 12 | 14 |
| **Glucosides** | » | 10 | 8, 8 |
| **Amidon** | » | 0, 4 | 0, 3 |
| **Sucres insolubles** | » | 4 | 4, 6 |
| **Total des sucres** | » | 25, 8 | 28, 6 |

on arrive à la remarque faite plus haut que les différences vont s'atténuant à mesure que l'on considère des feuilles plus âgées.

Les variations des rapports du poids sec au poids frais sont de même sens dans les deux sortes de feuilles ; ils augmentent de l'automne au printemps, mais ils sont toujours plus élevés chez les feuilles coriaces que dans les jeunes feuilles. Si l'on rapproche ce fait de la proportion plus élevée de sucres que présentent ces organes, on serait tenté d'admettre tout d'abord que les feuilles âgées assimilent d'une façon plus intense que les jeunes feuilles. Or la teneur en hydrates de carbone de ces organes n'est que la résultante des deux actions contraires : 1° synthèse chlorophyllienne, 2° entraînement des sucres formés vers les parties vivaces du végétal. D'après ce qu'on sait sur les fonctions des tissus végétaux, il est difficile d'admettre que des cellules âgées ont plus d'énergie assimilatrice que des tissus jeunes mais adultes, et il est plus vraisemblable de supposer un ralentissement dans l'activité des phénomènes osmotiques, comme paraît l'établir la faible teneur en eau des feuilles coriaces et du courant de migration en automne par suite de l'obstruction partielle des vaisseaux âgés.

On voit, d'après ce qui précède, que les conclusions de Leclerc du Sablon sont confirmées ici lorsque les analyses sont rapportées, suivant la méthode adoptée par ce physiologiste, à 100 gr. de substance sèche : mais il n'en est plus de même si l'on envisage un nombre déterminé de feuilles. Il y a là un point important qu'il ne faut pas négliger dans les recherches de cette nature. On sait en effet que les organes jeunes sont plus riches en eau que les mêmes parties végétales plus âgées, fait qui est confirmé ici par les comparaisons des rapports du poids sec au poids frais obtenus pour les deux sortes de feuilles, et que la teneur en eau d'un organe végétal quelconque dépend moins de l'état hygrométrique du milieu extérieur que de l'âge de cet organe. En conséquence, la feuille coriace est plus riche en substances hydrocarbonées que la feuille de l'année, mais ces différences internes vont s'atténuant de plus en plus à mesure que l'on approche de la mauvaise saison : il en est de même d'ailleurs des caractères externes, et cette convergence est telle qu'en janvier les feuilles de Lierre de même aspect, quel que soit leur âge, doivent avoir sensiblement la même composition.

# CHAPITRE III

## ESSAIS DE RÉGÉNÉRATION DE L'AMIDON DANS LES FEUILLES PERSISTANTES PAR ÉLÉVATION DE TEMPÉRATURE

On sait depuis les travaux de plusieurs physiologistes, en particulier de Müller-Thürgau sur les tubercules de Pomme de terre, de Fischer sur les tiges et les rameaux, que des organes végétaux exposés aux basses températures vers 0°, transforment leur amidon en sucre et inversement, peuvent reformer ce polysaccharide aux dépens des sucres réducteurs qu'ils renferment par quelques heures d'exposition au-dessus de 10° C°. Les expériences ont surtout porté sur des tubercules, des tiges, des rameaux, rarement sur des feuilles. J'ai essayé de réaliser le même phénomène avec des feuilles persistantes. Dans ce but, j'ai récolté des feuilles de Lierre et de Laurier-cerise dans l'hiver exceptionnellement froid 1912-1913. Les feuilles de Lierre avaient supporté pendant une vingtaine de jours une température voisine de 0° : pendant trois jours, elles ont été recouvertes de neige ; au moment de la récolte, des glaçons adhéraient à leur limbe et le pétiole glacé était cassant comme du verre. Ces feuilles ont été divisées en trois lots :

1° Un premier lot a été précipité directement dans l'alcool bouillant ;

2° Un deuxième lot a été exposé pendant 2 heures à l'étuve à 20° ;

3° Un troisième lot a été placé pendant le même temps à l'étuve à 30°, puis les lots 2 et 3 ont été fixés dans l'alcool bouillant.

Les résultats des analyses sont donnés dans le tableau IX ; dans la première partie (A) les analyses sont rapportées à 1000 feuilles ; dans la deuxième partie (B) à 100 gr. de poids sec.

A l'examen de ce tableau on remarque l'analogie complète entre les deux sortes de résultats en ce qui concerne les substances hydrocarbonées.

Les sucres solubles, réducteurs et non réducteurs, diminuent rapidement à mesure que la température s'élève, il en est de même

## TABLEAU IX

FEUILLES DE LIERRE. Récoltes du 31 Décembre et du 14 Mars.

| NATURE DES FEUILLES | SUCRES SOLUBLES DANS L'EAU | | | SUCRES SOLUBLES dans l'eau | TOTAL | GLUCOSIDES | POLYSACCHARIDES INSOLUBLES | | | | TOTAL DES SUCRES INSOLUB. | TOTAL DES SUCRES SOLUBLES et INSOL. | POIDS SE DE 100e feuilles |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | RÉDUCTEURS | Non réduct. | Non dédoub par invertine, non ptés par l'acétate de Pb | DEXTRINES | | | AMIDON | Amyloïdes | HÉMICELLULOSES | Celluloses facilem' hydrolys. | | | |
| A. — RÉSULTATS DES ANALYSES, EN GRAMMES, RAPPORTÉS A 1000 FEUILLES SANS PÉTIOLE | | | | | | | | | | | | | |
| Feuil. fixées à 0° | 4, 720 | 26,680 | 3, 700 | 0, 400 | 35,500 | 9, 950 | 0 | 3, 200 | 1, 600 | 0, 850 | 5, 650 | 51,100 | 137,420 |
| Fles fixées après un séjour de 2h à 20° | 4, 320 | 22,080 | 4, 600 | 0, 480 | 31,480 | 8, 950 | 0 | 4, 672 | 1, 700 | 0, 800 | 7, 172 | 47,602 | 133,000 |
| Fles fixées ap. un séjour de 2h à 30° | 3, 760 | 19,040 | 0 | 0, 480 | 23,280 | 7, 200 | 0 | 2, 992 | 1, 500 | 0, 740 | 5, 232 | 35,712 | 152,120 |
| B. — Récolte du 14 Mars. — FEUILLES VERTES ET FEUILLES BRUNES | | | | | | | | | | | | | |
| Fles vertes | 4, 600 | 14,935 | 0 | 0, 050 | 19,585 | 17,225 | 4, 925 | 2, 380 | 1, 325 | 0, 800 | 9, 430 | 46,240 | 149,38 |
| Fles brun foncé | 6, 400 | 14,050 | 0 | 0, 100 | 20,610 | 22,280 | 8, 000 | 3, 040 | 1, 450 | 0, 800 | 13,290 | 56,120 | 140.056 |
| C. — RÉSULTATS DES ANALYSES RAPPORTÉS A 100 GRAMMES DE SUBSTANCE SÈCHE | | | | | | | | | | | | | |
| **1. — Récolte du 31 Décembre.** | | | | | | | | | | | | | |
| Fles fixées à 0°. | 3, 435 | 19,400 | 2, 692 | 0, 291 | 25,818 | 4, 476 | 0 | 2, 327 | 1, 164 | 0, 618 | 4, 109 | 37,168 | 0, 377 |
| Fles fixées ap. un séjour de 2h à 20° | 3, 248 | 16,600 | 3, 000 | 0, 361 | 23,209 | 5, 564 | 0 | 3, 512 | 1, 278 | 0, 601 | 5, 391 | 35,329 | » |
| Fles fixées ap. un séjour de 2h à 30° | 2, 471 | 12,516 | 0 | 0, 315 | 15,302 | 4, 738 | 0 | 1, 968 | 0, 986 | 0, 487 | 3, 441 | 23,481 | 0, 435 |
| **2. — Récolte du 14 Mars.** | | | | | | | | | | | | | |
| Feuilles vertes | 3, 080 | 10,000 | 0 | 0, 034 | 13,192 | 11,450 | 3, 296 | 1, 593 | 0, 887 | 0, 535 | 6, 311 | 30,953 | 0, 402 |
| Feuilles brunes | 4, 570 | 10,000 | 0 | 0, 071 | 14,641 | 15,900 | 5, 714 | 2, 171 | 1, 035 | 0, 571 | 9, 491 | 40,032 | 0, 391 |

des glucosides, mais à aucun moment l'amidon n'est régénéré. L'observation microscopique vient confirmer les résultats de l'analyse et je n'ai jamais obtenu, avec la liqueur iodo-iodurée, la coloration bleue caractéristique de l'amidon, même après avoir chauffé les coupes à l'eau bouillante. Toutefois à la température de 20°, il semblerait qu'il y a eu production d'amyloïdes et le total des sucres insolubles de ces feuilles est nettement supérieur à celui des autres.

Les sucres disparaissent par combustion respiratoire et cette fonction paraît intéresser toute la série hydrocarbonée, comme en témoigne la faible teneur en ces composés des feuilles ayant séjourné pendant quelque temps à la température de 30°. Il semble que la respiration s'effectue tout d'abord aux dépens des sucres simples, ce qui amène une rupture de l'équilibre dans la série hydrocarbonée ; il en résulte une hydrolyse continue des polysaccharides les plus condensés qui tend à réparer constamment la perte en sucres simples résultant de l'action de l'oxygène. L'explication des variations des sucres serait donc la suivante. Les feuilles, sous l'influence des basses températures, ont réalisé un équilibre hydrocarboné tel qu'il correspond à une simplification moléculaire des sucres contenus dans les tissus. Dès que la température s'élève, l'équilibre est déplacé dans le sens de la condensation des hydrates de carbone à petite molécule, qui se traduit à l'analyse par un taux plus élevé en polysaccharides complexes autres que l'amidon ; puis, la fonction respiratoire continuant de s'exercer, ces sucres seraient utilisés à leur tour.

Les feuilles de Lierre n'étant restées que quelques heures aux températures de 20° et 30° on peut supposer que la durée de l'expérience a été insuffisante et qu'il y aurait eu peut-être régénération d'amidon par un séjour plus prolongé à l'étuve. Pour répondre à cette objection, j'ai effectué une nouvelle expérience et une autre série d'analyses avec des feuilles de Laurier-cerise. Ces feuilles ont été récoltées le 16 janvier dans le Jardin d'essais du Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau, après une période de froid intense. En effet, depuis le 11 janvier, la température s'était toujours maintenue au-dessous de 0° et dans la nuit qui a précédé la récolte le thermomètre est descendu à — 11°. La récolte et les manipulations des feuilles ont été effectuées à — 4°.

Les feuilles cueillies ont été divisées en 2 lots :

Le 1er lot a été fixé dans l'alcool bouillant aussitôt après la pesée.

Le 2me lot a été porté au Laboratoire de la Sorbonne, placé à l'étuve à 25° pendant 20 heures.

Les analyses rapportées à 100 feuilles et à 100 gr. de substance sèche, donnent sensiblement les mêmes résultats, résumés dans le tableau V *bis*, B. On voit que la proportion des sucres solubles se trouve réduite par l'élévation de température et dans des proportions plus sensibles que précédemment, ce qui s'explique par une plus longue durée de l'expérience.

Fait intéressant, la prulaurasine paraît décroître, mais en plus faible proportion. Les glucosides (composés tanniques, pectiques, mucilagineux) ont sensiblement augmenté. Quant à l'amidon, l'examen microscopique des feuilles fixées dans l'alcool n'en laisse découvrir aucune trace dans l'un et l'autre lots de feuilles. Cependant l'analyse chimique en décèle des quantités appréciables peu différentes dans les deux sortes d'organes foliaires ; les feuilles restées au laboratoire paraissent un peu plus riches en ce polysaccharide, mais dans des proportions qui ne sont nullement en rapport avec la masse de sucres simples disparus. De plus, les polysaccharides supérieurs, de condensation plus élevée que l'amidon, sont en décroissance marquée dans les feuilles réchauffées et il en résulte une perte notable en sucres insolubles. Comme dans le cas du Lierre, la disparition des sucres simples doit être attribuée surtout à la combustion respiratoire. De cette dernière expérience deux faits surtout sont intéressants à retenir ; d'une part la diminution de la prulaurasine et d'autre part les réactions négatives obtenues avec la liqueur iodo-iodurée sur les feuilles de Laurier-cerise.

1° La diminution de la prulaurasine constatée dans les feuilles laissées à l'étuve ne peut être vraisemblablement attribuée qu'à l'activité de la fonction respiratoire et par suite il semblerait que les glucosides, la prulaurasine tout au moins, ne devrait pas être considérée, suivant l'hypothèse admise par quelques auteurs, comme un déchet fonctionnel du végétal, mais plutôt comme une réserve sucrée spéciale à quelques plantes, et utilisée au même titre que les réserves hydrocarbonées ordinaires.

2° On a remarqué, quant à l'amidon, les résultats contradictoires obtenus, d'une part, par les réactions microchimiques à l'iode des feuilles conservées dans l'alcool, qui amenait à conclure à l'absence totale de ce polysaccharide, et, d'autre part, les résultats positifs obtenus avec l'amylase après les traitements préliminaires donnés en détail dans la technique adoptée ici. L'explication de ce fait paraît résulter des travaux de Jentys (1) qui s'est occupé spécialement de cette question. D'après cet auteur, l'amidon ne donnerait presque jamais dans les extraits de feuilles, en présence de l'iode, la coloration bleue caractéristique de ce sucre. L'action de l'halogène serait entravée par les substances tanniques, comprenant non seulement le tannin, mais encore les acides gallique, quercitannique, catéchutannique, la vanilline, la phloroglucine ; d'où nécessité absolue d'enlever ces substances avant d'essayer l'action de l'iode. D'ailleurs ce qui a été dit pour ce métalloïde peut se répéter pour l'amylase et il ne m'a pas fallu moins de cinq saccharifications successives, après l'épuisement à l'eau sous pression, pour extraire la totalité de l'amidon à l'état de maltose.

A l'action des matières tanniques vient s'ajouter encore celle des mucilages, si abondants dans la plupart des feuilles ; ceux-ci, fortement coagulés par les traitements alcooliques préliminaires, forment un barrage presque infranchissable à la pénétration et de l'amylase et de l'iode.

En conséquence, on ne saurait se montrer trop prudent dans les conclusions relatives aux recherches microchimiques et le contrôle réciproque des résultats obtenus par les méthodes chimique et microchimique s'impose nécessairement.

*En résumé*, dans les limites des expériences, il m'a été impossible de constater une régénération appréciable d'amidon, par élévation de température, sur des feuilles qui avaient été, au préalable, soumises à l'influence du froid ; cependant les sucres solubles étaient en quantité abondante.

Les sucres solubles et insolubles diminuent progressivement par combustion respiratoire comme paraît l'établir leur disparition plus rapide à 30° qu'à 20°. Les glucosides dédoublables par l'émulsine et en particulier la prulaurasine paraissent contribuer pour leur part à l'entretien de l'activité respiratoire, ce qui semblerait mettre en défaut l'opinion des auteurs qui veulent voir dans ces composés glucosés des déchets de la vie végétale.

---

(1) Jentys. *Sur les obstacles à la découverte de la diastase dans les feuilles et dans les tiges*. Bull. Acad. des Sc. de Cracovie, Nov. 1892.

L'augmentation sensible de la masse globale des composés tanniques, pectiques, mucilagineux causée par l'élévation de température dans les feuilles de Laurier-cerise, autorise à supposer une transformation possible, dans les conditions des expériences, des sucres solubles simples, en glucosides, ce terme devant être pris dans le sens général défini au début de ce mémoire.

**Relation entre la coloration des feuilles de Lierre et leur composition.** — J'ai signalé plus haut que, dès les premiers froids, certaines feuilles de Lierre, éparses dans le massif, présentaient de nombreuses taches brunes qui finissaient pas se réunir et donnaient au limbe de ces feuilles un aspect totalement différent des autres. Il était naturel de penser que ces différences d'aspect devaient être les signes extérieurs de différences profondes dans la composition de ces organes.

Dans le but de vérifier cette impression, j'ai récolté le 14 mars sur le même massif :

1° un lot de feuilles entièrement vertes,

2° un lot de feuilles brunes.

Le résultat des analyses se trouve résumé dans le tableau IX B et C, dont la première partie se rapporte à 1000 feuilles et la deuxième à 100 gr. de substance sèche. Les variations sont de même sens dans les deux cas envisagés ; les feuilles brunes paraissent plus riches encore en sucres réducteurs, dextrine, amidon et amyloïdes que les feuilles vertes ; l'écart est surtout sensible pour la somme des sucres insolubles et la totalité des sucres.

Comme il est assez difficile d'admettre que la synthèse chlorophyllienne soit plus intense dans les feuilles brunes que dans les feuilles normales, il est vraisemblable de supposer que la migration des produits élaborés par les feuilles est fortement ralentie dans ces dernières par le développement d'une assise séparatrice ou l'obstruction partielle des vaisseaux conducteurs.

*En résumé*, si on compare les résultats obtenus dans les analyses de feuilles de végétaux toujours verts, aussi différents, tant au point de vue de l'espèce et du mode de végétation, que le Lierre et le Laurier-cerise, dans le cours de l'année, on obtient quelques points communs intéressants à signaler.

1° Les rapports des poids secs aux poids frais sont en progression constante depuis la fin de l'été jusqu'au printemps et cela quel que soit l'âge de l'organe foliacé ; les nombres sont sensiblement égaux pour les deux espèces considérées. Ce fait paraît être la conséquence du ralentissement considérable de l'absorption par les racines sous l'influence du froid, comme l'a démontré Mazé, du vieillissement des organes et de l'enrichissement en principes hydrocarbonés des tissus chlorophylliens.

2° Les feuilles persistantes de Lierre et de Laurier-cerise suivent exactement les mêmes lois de variations quant aux différentes catégories de sucres solubles ; maximum en hiver (janvier) minimum en septembre ; mais les feuilles de Lierre contiennent en hiver des quantités beaucoup plus considérables de sucres non réducteurs à base de lévulose ; mêmes considérations pour les glucosides qui présentent un maximum en automne, un minimum en hiver, un nouveau maximum lorsque la végétation est en pleine activité, en été.

3° Quant à l'amidon et aux polysaccharides en général, les résultats sont sensiblement différents. Les variations sont parallèles et de même sens ; mais tandis que l'amidon en particulier, chez les feuilles de Lierre, diminue constamment à partir de septembre et disparait même complètement en hiver, ce polysaccharide, chez le Laurier-cerise, reste en quantité sensiblement constante pendant l'automne et l'hiver avec un léger minimum au moment des grands froids, ce qui confirme les recherches microchimiques d'Arbaumont sur les feuilles de ces mêmes plantes. Au printemps, les granulations amylacées s'accumulent rapidement et cela jusqu'en mai pour le Lierre et en juin pour le Laurier-cerise, époques auxquelles il se produit dans les deux cas une chute brusque de la courbe représentative des variations de ce polysaccharide. Etant donné les différences du mode de végétation à cette époque par suite de l'apparition de l'écran vert formé par les feuilles des arbres surmontant le massif de Lierre, on s'explique aisément la différence de date où le maximum en amidon est atteint dans les deux sortes de feuilles.

4° Si on considère maintenant l'ensemble des sucres insolubles, les résultats sont sensiblement différents suivant que l'on envisage le nombre de feuilles ou le poids sec, au moins dans l'intervalle de temps août-janvier. Les résultats rapportés à 1000 feuilles pour le Lierre, à 100 feuilles pour le Laurier-cerise, indiquent la persistance de ces sucres en quantité sensiblement constante pendant la période envisagée dans les organes foliaires du Laurier-cerise, et au contraire une diminution notable de ces mêmes substances, dans le même temps, chez les feuilles de Lierre ; à partir de janvier, ces différences disparaissent et les variations deviennent dès lors de même sens. Les résultats rapportés à 100 gr. de substance sèche aboutissent dans les deux cas à une similitude complète : maximum en septembre, minimum en décembre, maximum en avril avec la même descente brusque de la courbe jusqu'en juillet. On obtient les mêmes résultats discordants dans la considération des chiffres se rapportant à la totalité des sucres dans les deux sortes de tableaux. Si l'on se reporte aux tableaux où les résultats sont rapportés à 1000 feuilles pour le Lierre, à 100 feuilles pour le Laurier-cerise, on constate un accroissement continu de la totalité des sucres chez le Lierre de juin à avril avec quelques faibles oscillations en mars et octobre ; puis il se produit une diminution rapide de mai à juin. Le même fait se reproduit pour le Laurier-cerise, avec cette différence toutefois que l'accroissement persiste jusqu'en juin et que le minimum a lieu en septembre.

## CHAPITRE IV

## CONCLUSIONS

Les feuilles des végétaux à feuilles persistantes se déshydratent progressivement à l'approche de l'hiver, vraisemblablement par réduction de l'absorption. Les travaux de Mazé (1) établissent en effet que cette fonction est supprimée presque instantanément aux environs de 0°. Il en résulte une concentration plus élevée du suc cellulaire, tout au moins en hydrates de carbone solubles. Cette accumulation de sucres simples en hiver dans le parenchyme foliaire peut être attribuée à des causes multiples et variées. Tout d'abord, comme le végétal se trouve placé à cette époque dans de mauvaises conditions de végétation, il y a par suite prépondérance des diastases hydrolysantes sur les diastases de synthèse et par conséquent formation de sucres simples aux dépens des sucres complexes. Mais la masse totale des sucres solubles étant en disproportion par rapport à la quantité de polysaccharides disparue, il est évident qu'on ne saurait attribuer à cette seule cause la production d'une aussi grande quantité d'hydrates de carbone à poids moléculaire faible, surtout en sucres à base de lévulose plus ou moins voisins du saccharose. Or la présence de ce dernier est intimement liée à l'activité de la fonction chlorophyllienne ; les feuilles continuent donc d'assimiler en hiver, très faiblement il est vrai, mais comme la fonction respiratoire est beaucoup plus sensible à l'influence de l'abaissement de température que la synthèse chlorophyllienne, la production de sucre l'emporte donc sur la destruction par l'oxygène. Dans ces conditions, l'activité du parenchyme assimilateur ne doit pas s'exercer avec la même énergie qu'à la température normale ; il s'établit un régime de synthèse faible, limitée à une condensation intermédiaire entre le glucose et l'amidon, c'est-à-dire aboutissant à des sucres à petite molécule, solubles, dédoublables par l'invertine et plus ou moins voisins du saccharose.

---

(1) Mazé. *Les échanges nutritifs chez les végétaux.* C. R. Ac. Sc., Paris, CLIX, pp. 809-811.

L'absorption étant nulle ou tout au moins très affaiblie, les échanges osmotiques ne sont plus possibles, le courant migrateur se trouve arrêté, d'où accumulation de sucres solubles dans les feuilles.

Il semble donc que le froid, dont l'influence hydrolysante sur l'amidon et l'inuline est nettement établie, est sans action sur le saccharose ou ses isomères.

Des recherches actuellement en cours sur les tubercules de Pomme de terre soumis à de basses températures m'amèneraient aux mêmes conclusions. Ces résultats paraissent à première vue en opposition avec les conclusions de Saillard (1) dans ses recherches sur les Betteraves, où l'auteur démontre que les tubercules altérés par le froid sont ceux qui contiennent le plus de sucres réducteurs et le moins de saccharose. Cette contradiction n'est qu'apparente et la destruction du dissaccharide n'est en aucune façon l'effet direct des basses températures.

---

(1) SAILLARD, *Dosage du saccharose dans les Betteraves ayant subi le gel et le dégel*. C. R. Ac. Sc., Paris T. CLX, pp. 360-363.

Les racines considérées ont subi le gel et le dégel et, à la suite de l'élévation de température, il s'est produit des fermentations multiples aboutissant en particulier à la production d'acides. Or le saccharose est très sensible à l'action de ces derniers et, comme le reconnaît Saillard lui-même, l'inversion du sucre ne doit pas être imputée au froid, mais aux acides organiques de fermentation.

La similitude des lois de variation de l'amidon et des glucosides, ces derniers renfermant une forte proportion de substances mucilagineuses ou tout au moins de pentosanes, la coïncidence parfaite des maxima de printemps et des minima d'hiver pour ces deux groupes de substances paraît établir une certaine relation entre la présence de ces composés carbonés et l'assimilation chlorophyllienne.

Quant aux hydrates de carbone à grosse molécule, ils restent en quantité sensiblement constante dans les feuilles persistantes étudiées pendant l'été et l'automne; c'est l'époque de l'édification des réserves dans la tige et les racines et la totalité des sucres résultant de la synthèse chlorophyllienne (sauf bien entendu la petite quantité nécessaire à l'entretien de la vie des parenchymes de la plante) vient s'accumuler dans les organes vivaces du végétal.

En hiver, l'amidon disparaît totalement des feuilles (Lierre) ou persiste en quantité assez considérable même par les froids les plus rigoureux (Laurier-cerise); il semble par suite que l'hydrolyse partielle ou totale de l'amidon à cette époque n'est pas le simple fait de l'abaissement de température.

Au printemps, il y a régénération ou augmentation rapide des composés amylacés, et chez le Lierre en particulier dans une forte proportion, les feuilles ne paraissant pas se ressentir de la forte consommation de la plante en hydrates de carbone résultant du développement des jeunes organes; dans ce cas, ce sont surtout les réserves accumulées dans la tige et la racine, comme l'a établi Leclerc du Sablon, qui sont utilisées.

A partir de juin, pour le Lierre (on a vu pour quelles raisons), dès juillet pour le Laurier-cerise, les polysaccharides en général et l'amidon en particulier, sont en régression dans les feuilles. Ces substances sont solubilisées en partie et vont contribuer : 1° à la reconstitution des réserves dans la tige et la racine ; 2° à la maturation des fruits. Les feuilles tombent à ce moment, à leur taux minimum en sucres simples et complexes, ce qui semblerait paradoxal, étant donné l'activité de la végétation au début de l'été dans la région parisienne.

En somme, les lois générales de variation des substances hydrocarbonées établies par Fischer et Leclerc du Sablon pour la tige et la racine s'appliquent aussi dans leurs grandes lignes pour les feuilles, mais avec des caractères beaucoup moins accusés et quelques oscillations, ce qui s'explique par ce fait que les feuilles, contrairement à ce qui a lieu pour la racine et surtout pour la tige, ne jouent qu'exceptionnellement le rôle d'organes de réserve. Cependant cette dernière fonction apparaît nettement au printemps.

# TROISIÈME PARTIE

## FEUILLES DES PLANTES ANNUELLES

Les analyses ont porté sur deux espèces :

1° Sur des feuilles de *Phaseolus vulgaris*.
2° — *Pisum sativum*.

## CHAPITRE PREMIER

### *PHASEOLUS VULGARIS*

Le Haricot à rames que j'ai étudié est une plante annuelle à végétation rapide dont les feuilles passent par les mêmes phases de coloration, et se détachent de la même façon que les mêmes organes des arbres à feuilles caduques. Comme les feuilles de ce végétal sont de plus en plus jeunes au fur et à mesure que l'on se rapproche

## TABLEAU X

### FEUILLES DE HARICOT RAMÉ

| DATES DES RÉCOLTES | SUCRES SOLUBLES DANS L'ALCOOL | | SUCRES SOLUBLES DANS L'EAU | TOTAL | GLUCOSIDES | SUCRES INSOLUBLES | | | | TOTAL DES SUCRES INSOLUBLES | TOTAL DES SUCRES SOLUBLES et INSOLUB. | POIDS SEC DE 1000 FOLIOLES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Réducteurs | Non réduct. | DEXTRINES | | | AMIDON | Amyloïdes | HEMICELLULOSES | Celluloses facilement hydrolysables | | | |
| A. — RÉSULTATS DES ANALYSES, EN GRAMMES, RAPPORTÉS A 1000 FOLIOLES | | | | | | | | | | | | |
| 6 Août *f. vertes* | 3, 840 | 3, 552 | 0, 336 | 7, 728 | 13, 920 | 12, 680 | 2, 400 | 1, 600 | 1, 320 | 18, 000 | 39, 648 | 166,372 |
| 2 Sept. *f. vertes* | 8, 640 | 4, 110 | 0, 730 | 13, 480 | 17, 080 | 17, 200 | 3, 250 | 1, 700 | 1, 410 | 23, 560 | 54, 120 | 201,250 |
| 23 Sept. *f. vert-jaun.* | 5, 040 | 6, 960 | 0, 500 | 12, 500 | 16, 340 | 11, 800 | 4, 440 | 1, 800 | 1, 950 | 19, 290 | 48, 130 | 216,960 |
| 13 Oct. *f. jaunes* | 3, 120 | 1, 560 | 0, 450 | 5, 130 | 11, 090 | 2, 600 | 3, 600 | 1, 850 | 2, 100 | 10, 150 | 26, 370 | 159,070 |
| B. — RÉSULTATS DES ANALYSES RAPPORTÉS A 100 GRAMMES DE SUBSTANCES SÈCHE | | | | | | | | | | | | Rapport du poids sec au poids frais |
| 6 Août *f. vertes* | 2, 308 | 2, 135 | 0, 202 | 4, 645 | 8, 336 | 7, 621 | 1, 442 | 0, 961 | 0, 793 | 10, 818 | 23, 798 | 0, 163 |
| 2 Sept. *f. vertes* | 4, 293 | 2, 037 | 0, 362 | 6, 692 | 8, 000 | 8, 546 | 1, 615 | 0, 845 | 0, 706 | 11, 712 | 26, 404 | 0, 187 |
| 23 Sept. *f. vert-jaun.* | 2, 323 | 3, 207 | 0, 230 | 5, 760 | 7, 531 | 5, 439 | 2, 050 | 0, 830 | 0, 900 | 9, 219 | 22, 510 | 0, 168 |
| 13 Oct. *f. jaunes* | 1, 961 | 0, 981 | 0, 283 | 3, 225 | 6, 971 | 1, 634 | 2, 263 | 1, 163 | 1, 383 | 6, 443 | 16, 639 | 0, 139 |

du bourgeon terminal (à tel point qu'il se forme encore de nouvelles feuilles à l'extrémité de la tige tandis que les plus rapprochées de l'axe hypocotylé jaunissent et tombent), les récoltes ont toujours été effectuées au même niveau, à un mètre environ au-dessus du sol. De cette façon, chaque lot de feuilles est constitué par des organes ayant sensiblement le même âge.

Les caractéristiques présentées par chaque récolte sont les suivantes :

*Récolte du 6 Août.* — Début de la floraison. Les feuilles sont adultes et d'un vert foncé.

*Récolte du 2 Septembre.* — Les gousses ont atteint leurs dimensions normales, mais la graine est à peine indiquée. Les feuilles choisies sont entièrement vertes.

*Récolte du 23 Septembre.* — Les feuilles commencent à jaunir ; j'ai choisi des feuilles qui ne sont ni jaunes, ni vertes, mais présentant une coloration intermédiaire entre le jaune et le vert. Les gousses sont encore vertes ; les graines, quoique d'une consistance un peu molle, ont atteint leurs dimensions définitives.

*Récolte du 10 Octobre.* — Les feuilles sont entièrement jaunes et sur le point de tomber ; une faible traction suffit à les détacher ; les feuilles cueillies sont des feuilles entièrement jaunes ; les fruits sont mûrs ; la gousse commence à se dessécher et les graines sont consistantes.

Le tableau X résume les analyses qui ont été rapportées :

1° à 1000 folioles : partie A.

2° à 100 gr. de substance sèche : partie B.

Les résultats sont d'ailleurs sensiblement les mêmes.

L'examen du tableau X (A) permet de tirer les conclusions suivantes :

1° Les sucres réducteurs, non réducteurs et tous les sucres solubles en général subissent la même loi de variation ; ils augmentent d'une façon continue jusqu'en septembre et diminuent ensuite rapidement jusqu'à la chute des feuilles. Cependant, tandis que les sucres solubles autres que les sucres à base de lévulose atteignent leur maximum dès les premiers jours de septembre, les sucres non réducteurs sont au maximum seulement à la fin du même mois.

2° Les sucres complexes, glucosides et amidon, subissent des variations parallèles et de même sens que les monosaccharides ; ils atteignent leur maximum dès les premiers jours de septembre, ne subissent qu'une diminution relativement faible du 3 au 23, puis il se produit une diminution rapide, surtout pour l'amidon, pendant les derniers jours de la végétation. On peut faire des considérations de même ordre pour la totalité des sucres insolubles et pour le total général des sucres ; en particulier ce dernier devient, à la fin de la végétation, la moitié de ce qu'il était auparavant.

3° Les amyloïdes, hémicelluloses et, d'une façon générale, les polysaccharides de condensation supérieure à celle de l'amidon, paraissent se comporter comme le saccharose, mais, sur la fin de la végétation, ces composés hydrocarbonés présentent une légère augmentation.

4° Le poids sec des feuilles est en progression continue jusqu'à la fin de septembre, il diminue ensuite rapidement. Le rapport poids sec/poids frais passe par un maximum au commencement du même mois ; il s'affaiblit ensuite jusqu'au dépérissement complet du végétal.

Les résultats précédents, rapprochés des caractéristiques que présente la plante aux époques correspondantes, vont permettre de donner une explication rationnelle des faits qui viennent d'être énumérés.

On sait que les organes reproducteurs sont le siège d'une respiration intense : la forte consommation de principes hydrocarbonés qui s'ensuit, ces derniers provenant en majeure partie des feuilles, explique dans une certaine mesure la faible teneur de ces organes en sucres solubles au moment de la floraison. Une autre cause possible de la faible teneur des feuilles en hydrates de carbone solubles serait la mise en réserve provisoire d'une partie de ces principes par condensation dans la racine, la tige ou même les feuilles. Je reviendrai plus loin sur cette question.

*(A suivre)*

# NOTES BIBLIOGRAPHIQUES

NICOLAS. — **L'amélioration des orges en Algérie** *(Travaux du Laboratoire de la Faculté des sciences d'Alger).*

L'auteur s'est occupé de l'étude et de l'amélioration des espèces d'Orges algériennes, soit indigènes, soit introduites, en employant les méthodes que le Laboratoire de Svalof, en Suède, a fait connaître.

Il a constaté, naturellement, que ce que l'on appelle d'une façon courante une espèce ou même seulement une variété dans le pays est généralement un mélange de formes élémentaires dont il a isolé les meilleures au point de vue pratique.

Il a ainsi conservé cinq sortes suédoises et quatre indigènes. Il insiste principalement sur l'une de la première catégorie, l'Orge *Prinzess*. Venue de régions septentrionales, elle dégénère un peu sous le climat de l'Algérie, car dans son pays d'origine ou même dans le centre de la France, cette race fournit de 79 à 80 °/₀ d'un extrait d'orge sèche et cet extrait tombe à 72 °/₀ en Algérie. Mais ce résultat est encore supérieur à celui des orges indigènes qui n'est que de 70 °/₀ environ. C'est une race qui convient particulièrement aux terres fraîches et argileuses.

Léon DUFOUR

J. RUBY. — **Recherches morphologiques et biologiques sur l'Olivier et sur ses variétés cultivées en France.** Thèse Fac. Sc., Paris 1918.

J. Ruby s'est tout d'abord proposé de déterminer les conditions optima de développement de l'Olivier. Dans la seconde partie de son travail, il étudie les variations de cette plante. Enfin, la troisième partie comprend une monographie des variétés cultivées en France. Voici les principales conclusions auxquelles cet auteur arrive :

I. *Etude botanique générale de l'Olivier.* — La meilleure époque de semis paraît être le mois de janvier ou le milieu de l'été.

Les amandes d'olivier nues, c'est-à-dire extraites de leur noyau, offrent les germinations les plus rapides et les plus sûres.

Les fruits les plus riches en huile proviennent d'arbres ayant reçu, sous forme d'engrais, à la fois de l'acide phosphorique et de la potasse. Ces corps employés isolément ont une action à peu près nulle, de même que les engrais azotés.

II. *Etude des variations de l'Olivier.* — L'Olivier cultivé est-il distinct de l'Olivier spontané comme le croyaient Bauhin et Linné, ou bien, n'y a-t-il lieu de distinguer qu'une seule espèce qui peut se subdiviser en variétés dues à des différences œcologiques ou culturales? C'est à cette dernière opinion que se range l'auteur. En effet, d'après ses observations, le changement de milieu ou de culture n'entraîne que des modifications peu sensibles et non héréditaires dans les caractères morphologiques d'un type considéré. Pour la distinction des variétés d'Oliviers, J. Ruby se sert de caractères tirés de la feuille, du fruit ou du noyau.

III. *Monographie des variétés cultivées en France*. — Cette partie est de beaucoup la plus importante. Elle comprend la description morphologique de chaque variété cultivée en France, la réunion de renseignements culturaux accompagnés de chiffres indiquant la composition des olives de chaque variété (poids moyen, proportion °/₀ de pulpe, de noyaux, d'amandes, teneur °/₀ de la pulpe en eau, en huile, en matière sèche, teneur °/₀ en huile pour les fruits entiers). Marcel Denis

M. Colani. — **Essai sur les flores tertiaires du Tonkin.** *Bulletin du Service géologique de l'Indo-Chine.*

Ce travail est une étude sur les plantes fossiles rencontrées dans les formations lacustres de Dòng-giao, de Phan-luong, de Cao-bang et de Tuyên-quang. L'auteur avait été précédé dans cette voie par MM. Zeiller et Laurent.

Des différents gisements étudiés par Mlle Colani, celui de Dong-giaó est de beaucoup le plus riche. Il a fourni deux Conifères, un Palmier du genre *Flabellaria*, et les Dicotylédones y sont représentées par les genres *Betula, Castanea, Quercus, Dryophyllum, Laurus, Persea, Cinnamomum, Ficus, Celtis, Sterculia, Liquidambar, Acer, Bauhinia, Diospyros* et de nombreux *Phyllites* d'espèces indéterminées.

Le gisement de Phan-luong, par contre, est très pauvre, les empreintes y sont d'une conservation très médiocre et appartiennent toutes au *Ficus Beauveriei* Zeiller.

A Cao-bang, le grès, très friable, se prête mal à la conservation des empreintes, mais la flore paraît beaucoup plus variée, elle a fourni à l'auteur des feuilles de *Quercus*, de *Laurus*, de *Ficus Beauveriei* et un fragment douteux qui pourrait être une gousse de Légumineuse.

Enfin de Tuyên-quang, Mlle Colani n'a reçu que trois fossiles se rapportant soit aux genres *Castanea* ou *Castanopsis*, soit au genre *Quercus*.

Les Quercinées abondent dans ces gisements, l'auteur en décrit une dizaine, constituant trois, et peut-être même cinq groupes, et fait remarquer que les *Quercus Dryophyllum* sont les fossiles les plus caractéristiques des gisements du Tonkin, ils offrent des affinités incontestables avec certains Chênes actuels de la Chine méridionale ou des montagnes de l'Inde septentrionale, c'est-à-dire de l'Himalaya ou région voisine.

Il se pourrait donc que ces *Quercus* fossiles aient été chassés de leur pays d'origine par un abaissement de température; cheminant alors vers l'est, ils se seraient établis dans la région du Tonkin, au voisinage des lacs, où ils auraient trouvé des conditions favorables à leur développement. L'hypothèse de la migration semble s'accorder avec le mélange constaté par l'auteur, dans le gisement de Dong-giao ; d'une part des plantes des régions tempérées : Bouleaux, Chataîgniers, Chênes de montagnes, etc., qui proviendraient de l'Himalaya ; d'autre part des espèces tropicales, probablement originaires de la région où elles ont été fossilisées. Si cette hypothèse se vérifiait, la grande migration vers l'est daterait de la période pliocène et il faudrait admettre qu'une flore étrangère serait venue se mêler à une flore autochtone renfermant encore des types miocènes. Si cette hypothèse explique les particularités des flores étudiées par Mlle Colani, celle-ci ne la considère pas encore comme absolument démontrée.

En ce qui concerne l'âge de ces gisements, l'auteur se range à l'opinion de M. Zeiller, qui attribue au Mio-Pliocène la flore de Yên-bay, se basant sur la présence, dans ces lignites, du *Salvinia formosa* et du *Ficus Beauveriei*, qu'il considère comme très voisin du *Ficus tiliæfolia* Heer, de la molasse suisse. Or le *Ficus Beauveriei* a été reconnu, par Mlle Colani, à Dông-giao, à Cao-bang et à Phan-luong; ces flores appartiendraient donc à la même période.

En fin de compte, Mlle Colani s'arrête aux conclusions suivantes :

1° Les flores tertiaires du Tonkin etaient vraisemblablement composées de quelques types habitant actuellement les régions tempérées du globe, de types subtropicaux et de types tropicaux.

2° Certains de ces types se rapprochaient probablement beaucoup des plantes habitant actuellement l'Asie orientale et méridionale ainsi que l'Insulinde. Parmi eux, les uns sembleraient être les ancêtres peu éloignés des genres vivants, les autres seraient presque identiques aux formes vivantes. Les meilleurs exemples de ces deux types, l'un ancestral, l'autre contemporain, se rencontrent dans le vaste groupe des *Quercus Dryophyllum*. Les *Cinnamomum* de Dông-giao ont également des rapports apparents, tout au moins, avec les *Cinnamomum* actuels.

Ce mémoire, dans lequel l'auteur a peut-être abusé de l'emploi du terme générique, trop élastique, de *Phyllites*, mais nécessité, sans doute, par l'état défectueux des empreintes et par son manque de documentation bibliographique, est accompagné de vingt-trois planches photocollographiées dans lesquelles sont reproduites les principales espèces décrites au cours du travail. Quelques-unes de ces planches représentant des feuilles de formes actuelles, données pour comparaison, sont particulièrement réussies.

Il est cependant une critique que nous nous permettrons d'adresser à l'auteur. Elle concerne le *détourage* des figures opéré sur le bord même des feuilles, ce qui dans bien des cas, en a très certainement altéré les caractères, c'est ainsi que sur l'empreinte, rapportée au *Ficus Beauveriei*, représentée Pl. 13, fig. 6, la marge semble, non seulement ondulée mais encore nettement dentée, surtout vers la partie supérieure du limbe, alors que dans la description, il n'est nullement fait mention de cette denticulation.

Nous insisterons sur ce fait qui n'est pas sans importance. En effet dans le cas où la feuille envisagée serait réellement denticulée, au point où l'indique la figure, on ne comprendrait plus le rapprochement, fait par M. Zeiller de son espèce avec le *Ficus tiliæfolia* Heer, qui en diffère déjà sensiblement par la forme générale du limbe. Nous rappellerons de plus que de Saporta considérait l'espèce de Heer comme un véritable *Pterospermum* « à feuille entière le long des bords » (1).

Cette attribution générique pourrait également s'appliquer, nous semble-t-il, au soi-disant *Ficus Beauveriei* et se justifierait d'autant mieux, au cas où cette espèce aurait les feuilles denticulées, comme semble l'indiquer la figure à laquelle nous venons de faire allusion.

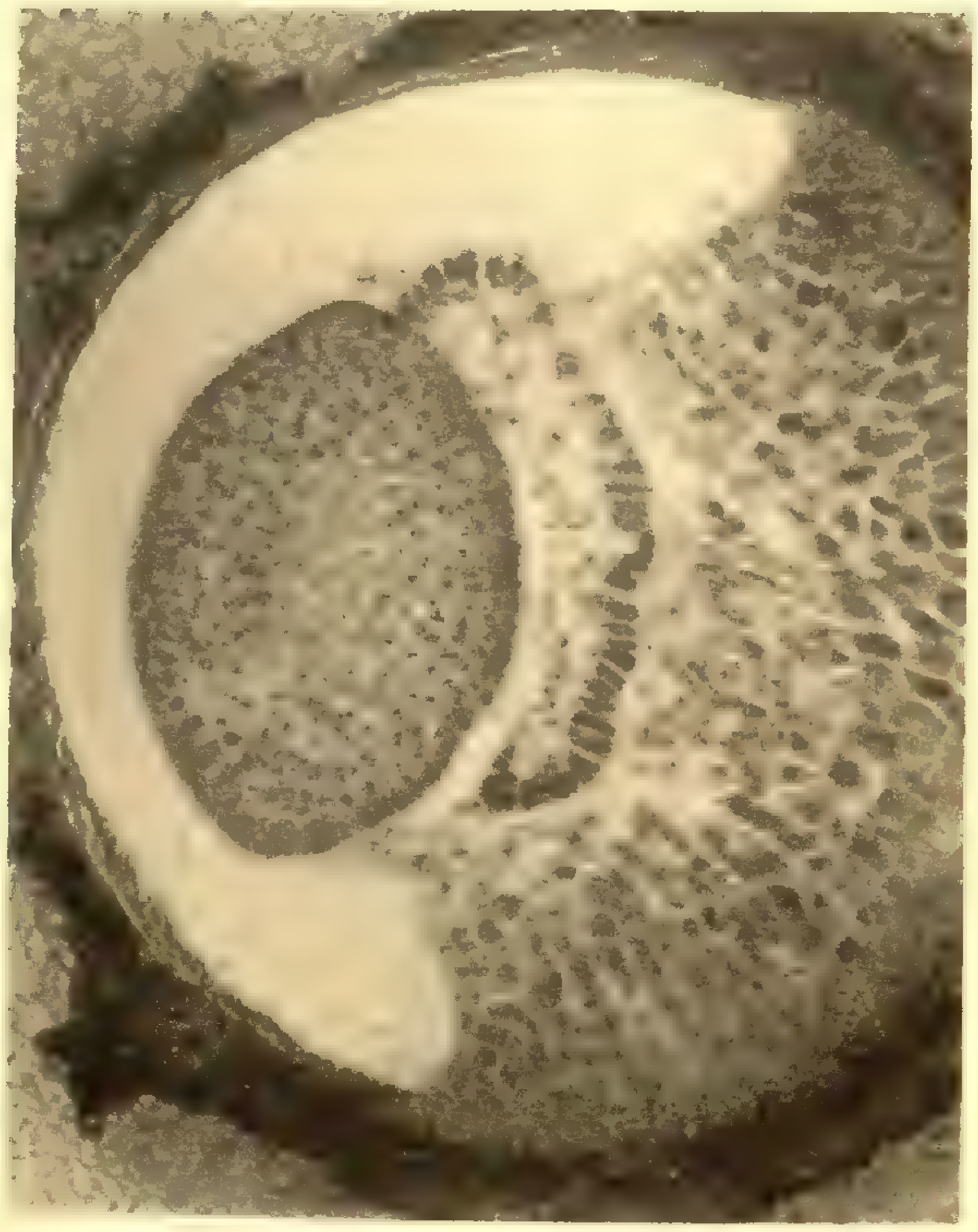
P. H. Fritel

---

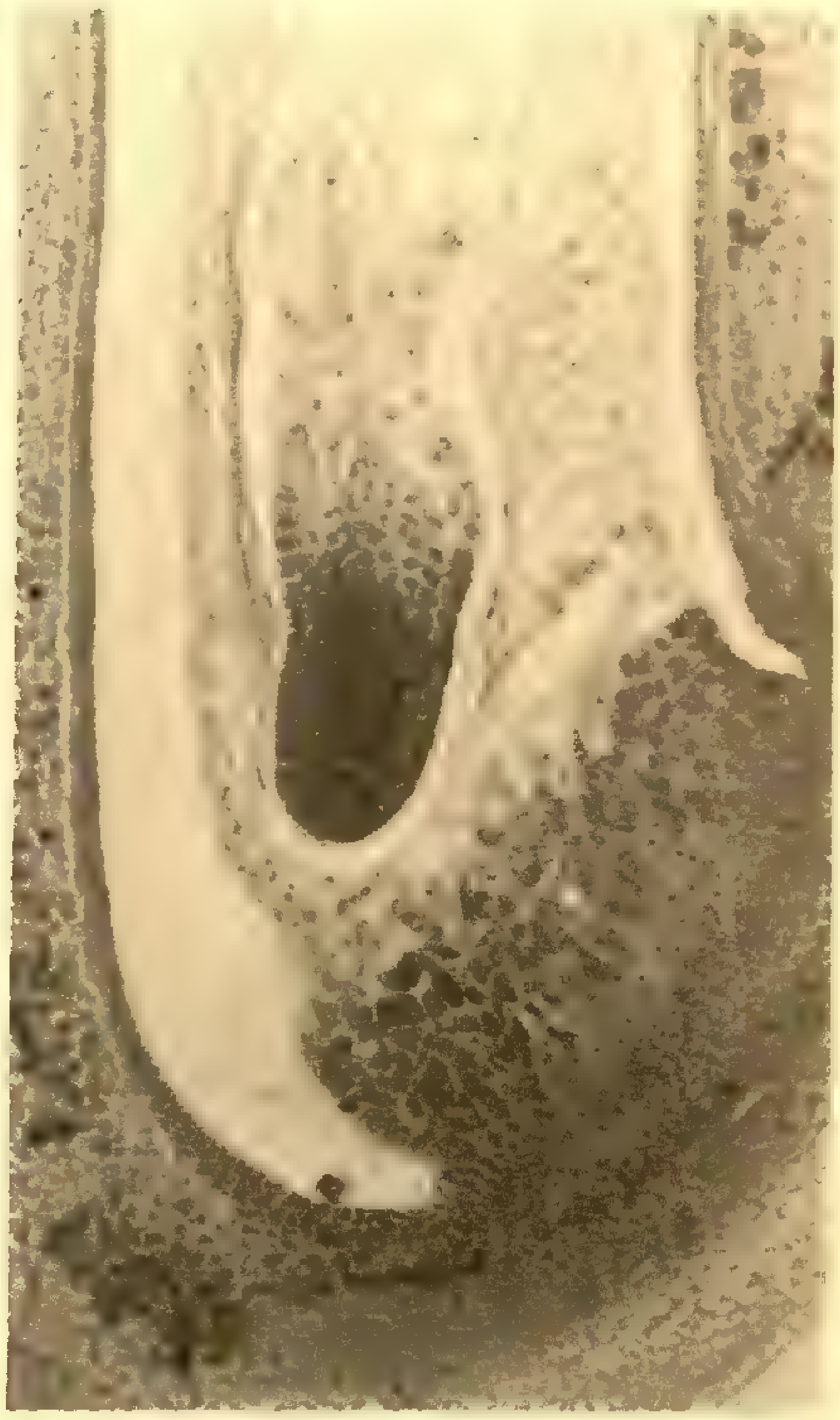
(1) Laurent, dans sa flore de Ménat, représente un *Sterculia* sp. vivant, de Madagascar, qui offre une telle analogie avec les feuilles du miocène suisse, qu'il nous semble impossible de ne pas considérer celles-ci comme ayant appartenu à une espèce de ce genre.

Ces feuilles s'éloignent, à notre avis, assez notablement de celles du *Ficus Beauveriei*, que nous serions tenté de placer au vu des figures qui en sont données, à côté de certains *Pterospermum* paléocènes.

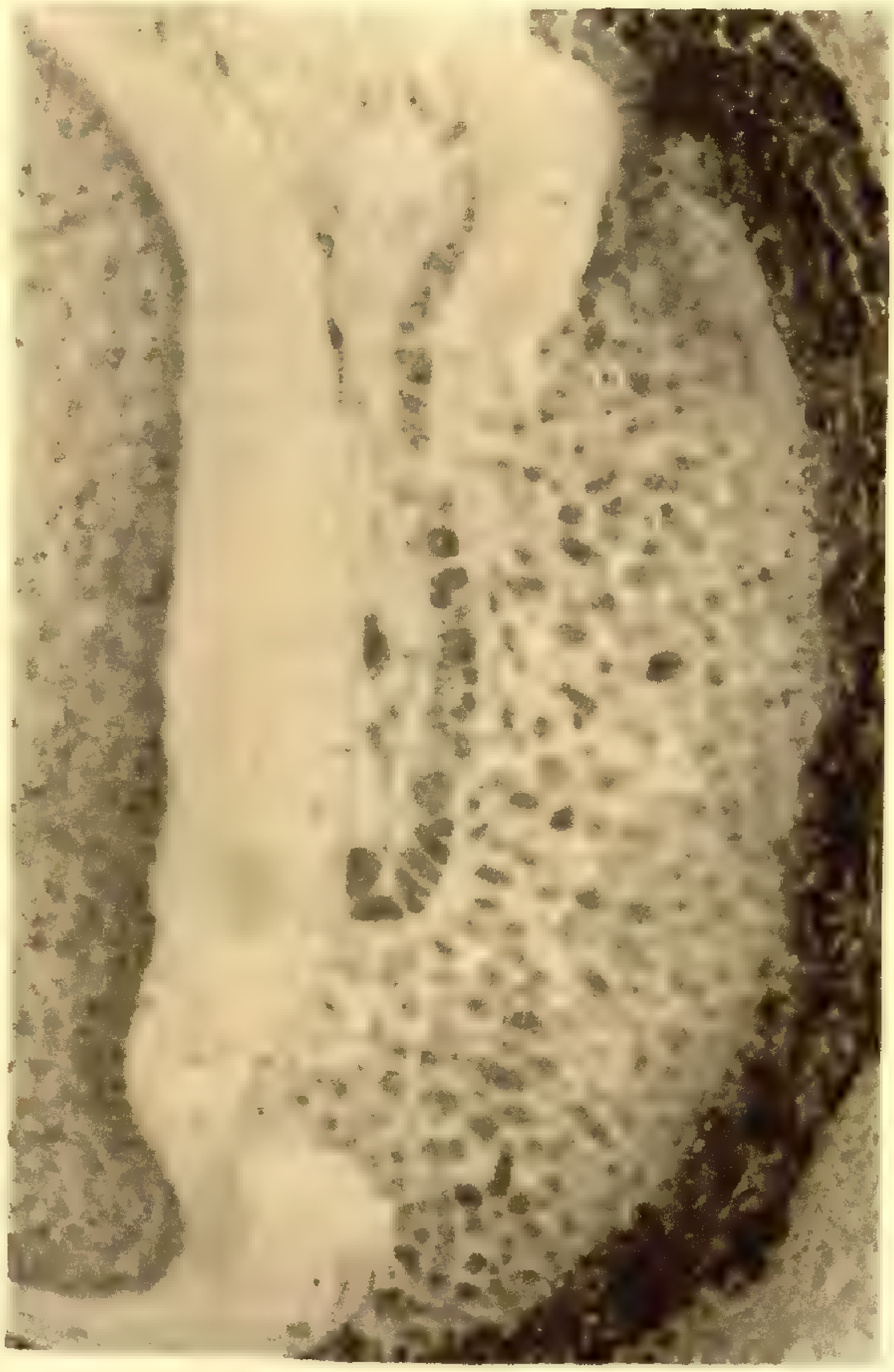
Nemours.— Imp. Henri Bouloy. *Le Gérant :* Henri Bouloy.



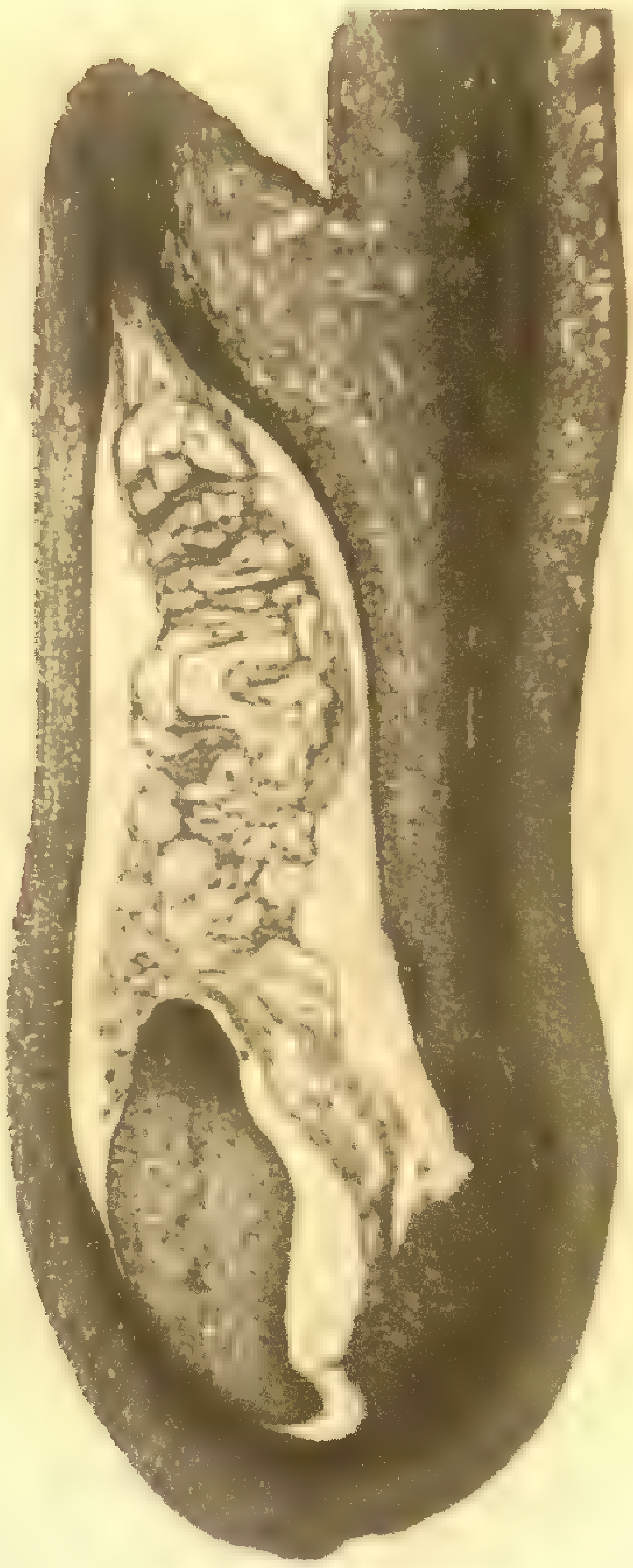
I



II



III



IV

A. Tison, phot. Le Deley, imp.

*Le suspenseur du Trapa natans L.*

# NOTES DE PALÉOBOTANIQUE NÉO-CALÉDONIENNE

par M. A. GUILLAUMIN

## I. CONNAISSANCES ACTUELLES SUR LA FLORE DE LA NOUVELLE-CALÉDONIE

Nos connaissances sur la flore fossile de Nouvelle-Calédonie sont actuellement fort incomplètes et se réduisent uniquement à un court mémoire où Crié [**2**] a étudié quelques bois fossiles du Trias et du Tertiaire et une note de Zeiller [**4**] sur quelques empreintes du Crétacé.

Augustin Bernard [**5**], dans sa monographie de l'Archipel de la Nouvelle-Calédonie (1), n'a fait que citer les études de Crié et de Zeiller. Piroutet [**6**], dans son étude stratigraphique, après avoir montré « qu'il est complètement impossible de séparer en Nouvelle-Calédonie les dépôts anthracolithiques et ceux de l'époque triasique (2) » consacre (3) un paragraphe à la flore et aux débris végétaux de cette « série compréhensive » et note :

1° que dans le Permien, il existe des empreintes végétales, mais que le genre *Glossopteris* paraît faire complètement défaut ;

2° que dans le Trias, il existe de très nombreux bois silicifiés dans le Carnien et le Norien et, dans le Norien, des empreintes peu distinctes parmi lesquelles des feuilles assez petites paraissent appartenir au genre *Glossopteris*, et rappelle :

3° que la flore des couches de charbon décrite par Zeiller appartient au Crétacé (1), mais en omettant de faire allusion aux empreintes du Crétacé nommées par Crié [**2, 3**] et au bois tertiaire étudié par cet auteur [**2**].

---

(1) pp. 69 et 71 en note.

(2) p. 65.

(3) p. 76.

A part les *Glossopteris* douteux, aucune Fougère n'a donc encore été signalée en Nouvelle-Calédonie si ce n'est « dans les échantillons de houille, une seule empreinte de Fougère rapportée au genre *Sphenopteris* (2) » par Brousmiche [**7**] ; les Gymnospermes seraient représentés par des Conifères *(Araucarioxylon, Cedroxylon, Podocarpium)* et une Cycadée *(Podozamites)* et les Angiospermes par des genres d'attribution assez douteuse *(Nicolia, Laurophyllum, Cinnamomum ? Sassafras ?* ou *Aralia ? Alnites ?)*

## *RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES*

[**1**] **L. Crié,** Sur les affinités des flores jurassiques et triasiques de l'Australie et de la Nouvelle-Zélande, *Comptes Rendus,* CVII pp. 1014-1017, (1888).

[**2**] **L. Crié,** Beiträge zur Kenntniss der fossilen Flora einiger Inseln des Südpacifischen und Indischen Ocean in W. Dames und Kayser : Paleontologischen Abhandlungen Neue Folge *(der Ganzen Reihe* Band V). Helft. 2, pp. 77 à 91, Tafeln IX-XVIII (Iéna, 1889).

[**3**] **L. Crié,** Paléontologie des Colonies françaises et des pays de Protectorat (Exposition universelle de Paris, 1889).

[**4**] **R. Zeiller,** Notes sur quelques empreintes végétales des couches de charbon de la Nouvelle-Calédonie, *Bulletin de la Société géologique de France,* XVII, pp. 443-446 (1889).

[**5**] **Aug. Bernard,** l'Archipel de la Nouvelle-Calédonie *(Thèse de doctorat ès-lettres,* Paris, 1895).

[**6**] **M. Piroutet,** Etude stratigraphique sur la Nouvelle-Calédonie *(Thèse de doctorat ès-sciences,* Paris, 1917).

[**7**] **Ed. Brousmiche,** Le sol de la Nouvelle-Zélande (Brest, 1883).

## II. EMPREINTES DU PERMIEN

Au cours de plusieurs séjours en Nouvelle-Calédonie, Piroutet a recueilli un certain nombre d'empreintes qui sont les premières signalées à ce niveau. Ces échantillons sont actuellement conservés au Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences où M. le Professeur Haug a bien voulu me permettre de les étudier.

---

(1) p. 123.

(2) p. 24.

### *Tæniopteris* Brong.

Gisement : schistes argileux dans le niveau à Popanoceras (Permien).

Localité : Moindou, nouvelle route de Bourail.

Empreintes ferrugineuses de nombreux rachis présentant la naissance des nervures latérales, 3 frondes assez bien conservées mesurant environ cm. × 1,5 — 2 cm.

Le gros rachis, les nervures se détachant à angle aigu, se courbant ensuite très rapidement pour se diriger horizontalement vers le bord et se bifurquant à mi-chemin sont tout à fait caractéristiques du genre. La fronde paraît pétiolée et se rapproche surtout par sa nervation du *Tæniopteris spathulata* Mac Celland, mais j'ai tout lieu de croire qu'on se trouve en présence d'une espèce nouvelle, Pl. 8, fig. A.

### *Sphenopteris* Brong. *(Adiantites)*.

Gisement : psammites dans le niveau à Popanoceras (Permien).

Localité : Moindou, nouvelle route de Bourail.

Empreintes ferrugineuses de plusieurs pinnules. Les folioles mesurant environ 1 cm. × 0,5 cm. sont vaguement losangiques, obtuses au sommet et insérées sur le rachis souvent obliquement et, semble-t-il, de façon plus ou moins alterne. Pl. 8, fig. B et C.

### *Fougères indéterminables.*

Gisement : psammites et schistes argileux dans le niveau à Popanoceras (Permien).

Localité : Moindou, nouvelle route de Bourail.

Empreintes ferrugineuses de très nombreuses pinnules de Fougères appartenant à des types variés mais très incomplètes.

### *Gymnospermes.*

Gisement : psammites dans le niveau à Popanocéras (Permien).

Localité : Moindou, nouvelle route de Bourail.

Plusieurs empreintes dont deux bien conservées mesurant 4 cm. × 0,2 — 0,3 cm. ne présentant qu'une seule nervure longitudinale sans aucune nervure transversale, légèrement atténuées et arrondies à une extrémité.

Je ne sais trop s'il faut y voir des feuilles de Conifère ou de Cycadée. Pl. 8, fig. D.

Pour être complet, il faut noter en outre dans le même gisement et provenant de la même localité, des fragments d'empreintes à nervures parallèles très fines.

## III. EMPREINTES ET BOIS DU TRIAS

Gisement : psammites au-dessus du niveau à Pseudomonotis (Norien).

Localité : Moindou, nouvelle route de Bourail, 2ᵉ tranchée.

Piroutet a voulu voir dans des empreintes vagues et très mal conservées de petites feuilles de *Glossopteris ;* je ne vois rien dans la forme de ces empreintes qui puisse rappeler celle si typique des *Glossopteris*, car les pinnules n'ont pas de pétiole et paraissent plus ou moins adhérents à la base ; quant à la nervation, il est impossible de s'en rendre compte.

Crié (**2**) a étudié de nombreux bois d'*Araucarioxylon australe* Crié et de *Cedroxylon australe* Crié provenant de Saint Louis, du Mont Mou, de l'île Ducos, d'Ourail, de Moindou et de Téremba, appartenant tous au Trias ; Piroutet en a trouvé aussi à la base des couches à *Mytilus problematicus* (Carnien) à Moindou, dans l'assise à Arcestidés (Carnien) à Mara et à Téremba et dans la couche à *Pseudomonotis* à Mara, à Bouraké et à l'île Lepredour.

En résumé, il est dès aujourd'hui certain que la flore néo-calédonienne comprenait, au Permo-Trias, de nombreuses Fougères et Conifères analogues aux types connus du Permien. Un fait digne de remarque est l'absence (jusqu'à preuve du contraire) des *Glossopteris* caractéristiques du continent Australo-Indo-Malgache, absence qui semblerait indiquer une séparation avec ce continent, tandis que la présence des *Araucarioxylon australe* en Nouvelle-Calédonie et en Nouvelle-Zélande prouve que la terre qui était à l'Ouest de la Nouvelle-Calédonie (1) était reliée à la Nouvelle-Zélande ; cependant, comme les *Glossopteris* existaient dans ces dernières îles, il est fort possible qu'on en découvre en Nouvelle-Calédonie.

### EXPLICATION DE LA PLANCHE 8

**A. — Empreinte de fronde de *Tœniopteris*.**

**B et C. — Empreintes de pinnules de *Sphenopteris*.**

**D. — Empreinte de feuille de Gymnosperme.**

(1) « Pendant tout le Permien et tout le Trias un continent ou tout au moins une terre émergée se trouvait sur l'emplacement maintenant occupé par la mer, sur le littoral occidental actuel » (Piroutet, p. 302).

# L'INULINE
# CHEZ LES VÉGÉTAUX
## GENÈSE ET TRANSFORMATION

*(fin)*

par M. H. COLIN

## CHAPITRE III

### L'INULINE DANS LE DAHLIA, L'AUNÉE.

Dans l'impossibilité d'étudier toutes les plantes à inuline, j'aurais pu m'en tenir aux deux monographies précédentes ; j'ai voulu cependant étendre mes recherches à d'autres plantes, pour être plus à même de dégager ce qu'il y a d'essentiel dans le phénomène de la formation de l'inuline chez les végétaux et de noter ce qui est, au contraire, sujet à variation et constitue les caractères physiologiques propres à chaque espèce.

### I L'inuline dans le Dahlia.

Comparé au Topinambour, le Dahlia présente, relativement à la genèse de l'inuline, quelques particularités intéressantes. J'ai analysé de préférence les variétés à fleurs simples de la collection de Vilmorin. La feuille adulte renferme un mélange de sucres dont le pouvoir rotatoire direct est voisin de zéro ; *l'inuline est totalement absente du limbe, des nervures et du pétiole.*

| DATE DES RÉCOLTES | ORGANES ANALYSÉS | $[\alpha_1]$ | SUCRE TOTAL p. 100 gr. de poids frais |
|---|---|---|---|
| 10 V 1914, 16 h. | limbes | — 4 | $0^{gr}$,40 |
| 5 IX » » | » | 0 | 0, 30 |
| 7 IX » » | » | 0 | 0, 20 |
| 9 IX » » | » | + 4 | 0, 22 |
| 1 XI » » | » | 0 | 0, 18 |
| 28 IX 1917, » | limbes | — 5 | 0, 18 |
| | pétioles | 0 | 0, 26 |
| 8 VIII 1918, » | limbes | | 0, 31 |
| | pétioles | 0 | 0, 33 |

Tandis que la tige de Topinambour, surtout à la dernière époque de la végétation, est un véritable grenier à hydrocarbones, principalement à inuline, la tige de Dahlia ne contient qu'une petite quantité de sucres dont le pouvoir rotatoire résultant est généralement positif. L'inuline fait défaut dans la tige ; la condensation des sucres à l'état de lévulosanes ne s'effectue que dans les tubercules.

| DATE | PARTIES DE LA TIGE ANALYSÉES | $[\alpha_1]$ | SUCRE TOTAL p. 100 gr. de poids frais |
|---|---|---|---|
| 7 IX | sommet | + 20 | $0^{gr}$,18 |
| | milieu | + 15 | 0, 12 |
| | base | + 20 | 0, 11 |
| 8 VIII | sommet | + 20 | 0, 33 |
| | base | + 25 | 0, 26 |
| 5 XI | sommet | + 2 | 0, 49 |
| | base | — 4 | 0, 52 |

La tige de Dahlia délivre à la partie souterraine un mélange de saccharose, de glucose et de lévulose aux dépens duquel va s'effectuer, dans les tubercules, la synthèse de l'inuline. Analysons les tubercules très jeunes à l'état de simples renflements. La proportion de saccharose y est élevée, atteignant parfois le tiers du sucre total.

Les extraits provenant d'épuisements à l'alcool fort sont *dextrogyres* : l'addition d'invertine de levure les rend lévogyres. La présence du saccharose en telle quantité fait que le pouvoir rotatoire direct de l'ensemble des hydrates de carbone est voisin de zéro et que le pouvoir rotatoire des produits d'hydrolyse, en raison de l'abondance du glucose, se place aux environs de — 60 à 15°.

Cette première étape est vite parcourue ; le rapport du saccharose au sucre total décroit rapidement lorsque les tubercules prennent du poids. L'extrait alcoolique des tubercules de 5 à 10 g. est à peine dextrogyre : les tubercules de grosseur moyenne n'abandonnent plus à l'alcool fort, à froid, qu'un mélange d'hydrocarbones où dominent les lévulosanes de moindre poids moléculaire. Il s'ensuit que le pouvoir rotatoire de la réserve hydrocarbonée va diminuant à mesure que les tubercules se développent.

| POIDS DES TUBERCULES | HYDRATES DE CARBONE pour 100 gr. de poids frais | | | POUVOIRS ROTATOIRES | |
|---|---|---|---|---|---|
| | SUCRE TOTAL | RÉDUCTEUR | SACCHAROSE | $[\alpha_1]$ | $[\alpha_2]$ |
| 1 — 3 gr. | $4^{gr},98$ | $0^{gr},24$ | $1^{gr},91$ | — 4 | — 60 |
| 5 — 10 » | 6, 06 | 0, 20 | 1, 01 | — 10 | — 67 |
| 10 — 15 » | 7, 50 | 0, 20 | 0, 60 | — 20 | — 74 |

Les transformations observées pendant la période de repos dans le tubercule de Topinambour ou dans la racine de Chicorée ne se répètent pas, avec la même ampleur, dans le tubercule de Dahlia. Examinons de vieux tubercules conservés en cave d'une année à l'autre, ils sont quelque peu desséchés mais parfaitement sains et contiennent 10-12 °/o de matière hydrocarbonée soluble. L'analyse ne révèle que des traces de réducteur ; les substances hydrolysables par l'invertine de levure, saccharose ou lévulosanes faiblement condensées, font presque complètement défaut. Le pouvoir rotatoire résultant, égal à — 34, atteint, après hydrolyse, — 78 à 20° ; ces constantes sont très voisines de celles qui caractérisent l'inuline ; on peut donc affirmer que la réserve hydrocarbonée des tubercules âgés de Dahlia est formée presque exclusivement d'inuline proprement dite. A cet égard, les variétés que l'horticulture a multipliées peuvent présenter entre elles quelques différences de détail ; mais, toujours, la majeure partie de l'inuline persiste inaltérée pendant les mois d'hiver.

| DATE | HYDRATES DE CARBONE pour 100 gr. de poids frais | | | $[\alpha_1]$ |
|---|---|---|---|---|
| | SUCRE TOTAL | RÉDUCTEUR | SACCHAROSE | |
| 15 IX 1917 | $7^{gr},60$ | $0^{gr},25$ | $0^{gr},70$ | — 21 |
| 14 XI » | 10,55 | 0, 30 | 0, 25 | — 29 |
| 4 I 1918 | 10,46 | 0, 12 | 0, 40 | — 30 |
| 1 II » | 10,25 | 0, 13 | 0, 30 | — 31 |
| 28 IV » | 8,41 | 0, 10 | 0 | — 36 |
| 25 VI » | 11,52 | 0, 11 | 0 | — 34 |

Sous la rubrique saccharose, on comprend, dans ce tableau, les polyoses hydrolysés par l'extrait de levure ; le saccharose n'en représente pas la totalité ; il existe toujours, à côté du sucre cristallisable, une petite quantité de lévulosanes attaquables par l'invertine. Il suffit, pour s'en rendre compte, d'épuiser la pulpe fraîche par l'alcool fort, à froid. Des tubercules traités dans ces conditions, le 4 janvier, ont livré à l'alcool des substances hydrocarbonées, non réductrices, dont le pouvoir rotatoire global était égal à — 13 ; après hydrolyse, sous l'action de l'*invertine* de levure, le pouvoir rotatoire est descendu à — 55 à 15°, chiffre qui correspond à un mélange d'une partie de glucose et de trois parties de lévulose.

Le suc d'expression des tubercules de Dahlia se prend en masse comme le suc des racines de Chicorée ; Wolff attribue le phénomène à l'action d'un principe analogue aux diastases et pour lequel il propose le nom d'*inulo-coagulase*. Mais tandis que la racine de Chicorée perd très vite cette propriété, à mesure que l'inuline se transforme, les tubercules de Dahlia la conservent longtemps ; le suc exprimé en janvier-février-mars se coagule aussi facilement que celui des tubercules traités en octobre-novembre ; le fait semble être en rapport avec l'abondance de l'inuline proprement dite dans la réserve hydrocarbonée.

Si les hydrates de carbone ne subissent que peu de changements dans les tubercules eux-mêmes en bon état de conservation, il en est autrement dans le suc d'expression. Abandonné à lui-même, après coagulation, le suc évolue lentement, qu'il soit ou non additionné de sucrase ; l'augmentation du pouvoir réducteur permet de suivre ces transformations ; un tiers de la réserve peut passer ainsi à l'état de réducteur ; rien de semblable ne se produit dans le suc porté à l'ébullition, même s'il est traité par l'extrait de levure.

### II L'inuline dans l'Aunée.

C'est dans l'Aunée que Valentin Rose découvrit l'inuline ; la racine en renferme une grande quantité. Les racines qui se détachent de la souche sont particulièrement riches en inuline proprement dite et ne contiennent qu'une faible proportion de substances hydrocarbonées hydrolysables par l'invertine ; le suc est fortement lévogyre et se prend facilement en masse. La fraction attaquable par la sucrase de levure est beaucoup plus importante dans la souche, au voisinage des bourgeons, principalement en avril-mai, alors que les racines doivent alimenter la tige. La teneur en hydrates de carbone tombe alors à 4 ou 5 % et le pouvoir rotatoire direct se rapproche de zéro, ce qui prouve l'abondance du saccharose et des lévulosanes faiblement lévogyres. Il est donc indispensable de spécifier toujours sur quelles parties de la racine ont porté les analyses. On doit également apporter la plus grande attention à la défécation des extraits d'Aunée.

| DATE | PARTIES ANALYSÉES | $[\alpha_j]$ | HYDRATES DE CARBONE Pour 100 grammes de pulpe fraiche | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | SUCRE TOTAL | RÉDUCTEUR | HYDROLYSÉ par la sucrase |
| 20 VI | souche | — 4 | 3 gr 88 | 0 gr 60 | 2 gr 26 |
| 7 VIII | souche | — 23 | 15, 90 | 0, 15 | 3, 53 |
| 5 XI | racine de l'année | — 24 | 15, 15 | 0, 10 | 2, 10 |
| 30 XII | » » | — 23 | 10, 44 | 0, 28 | 3, 10 |

Le sucre cristallisable et le réducteur sont les seuls hydrates de carbone solubles des feuilles ; l'inuline est complètement absente ; elle n'apparait pas davantage dans la tige dont le suc est toujours dextrogyre.

| DATE | PARTIES ANALYSÉES | $\|\alpha_1\|$ | HYDRATES DE CARBONE p. 100 gr. de matière fraiche | |
|---|---|---|---|---|
| | | | SUCRE TOTAL | RÉDUCTEUR |
| 20 VI | limbes | + 35 | $1^{gr}$,75 | $0^{gr}$,67 |
| | nervures | + 40 | 0, 82 | 0, 50 |
| | sommet de la tige | + 10 | 1, 76 | 1, 58 |
| | milieu » | + 12 | 2, 58 | 2, 12 |
| | base » | + 4 | 1, 85 | 1, 23 |
| 7 VIII | sommet de la tige | + 10 | 1, 70 | 1, 02 |
| | base » | + 9 | 3, 61 | 2, 07 |

J'ai étudié plusieurs autres plantes, spontanées ou cultivées, dont les parties souterraines emmagasinent de l'inuline. Il ne servirait de rien d'allonger ce travail par la publication d'un plus grand nombre d'analyses ; je n'ai pas rencontré, jusqu'alors, de plantes se distinguant des types étudiés et suivant, dans l'élaboration de l'inuline, des voies essentiellement différentes.

# CONCLUSIONS GÉNÉRALES

L'inuline, chez les végétaux, est un produit de condensation des sucres ; ce travail s'effectue dans les tubercules et les racines ou même dans les tissus profonds de la tige ; dans aucune des plantes étudiées, l'inuline n'est au nombre des substances résultant immédiatement de l'assimilation chlorophyllienne.

Le glucose et le lévulose peuvent servir l'un et l'autre de matière première dans la synthèse de l'inuline par les cellules de la plante. Le mélange de sucres délivré par les feuilles à la tige de Topinambour, au tubercule de Dahlia, aux racines de Chicorée et d'Aunée se montre le plus souvent *dextrogyre*. L'isomérisation du glucose à l'état de lévulose précède-t-elle sa condensation sous forme d'inuline ou bien la nature, dans ses opérations, suit-elle d'autres voies que celles dont le laboratoire ne saurait s'écarter ?

L'indifférence des tubercules et des racines à l'égard des sucres qui leur sont transmis permet de comprendre la variété des feuilles qui alimentent les organes où s'opère la synthèse de l'inuline. Les données de la Chimie générale concernant les substances optiquement actives laisseraient supposer que les parenchymes verts des plantes à inuline élaboreront surtout du lévulose, l'inuline, soumise à l'hydrolyse, livrant du lévulose presque exclusivement. La réalité est très différente : la feuille du Topinambour est bourrée d'amidon, comme celle de la Pomme de terre, tandis que les feuilles de la Chicorée ressemblent, par leur teneur en sucres, saccharose et réducteur, aux feuilles de la Betterave. Il est donc illusoire, connaissant les hydrates de carbone de la feuille, d'augurer la nature de la réserve hydrocarbonée qui s'accumulera dans les racines. Cette conclusion semble désormais à l'abri de toute contestation : elle est le fruit de l'étude plus approfondie des processus de synthèse suivis par la nature : on jugera de sa portée en songeant que les voix les plus autorisées de la science, celles de Pasteur, de Claude Bernard, de

Berthelot affirmaient naguère que la souche de Betterave ne saurait fabriquer du sucre cristallisable autrement qu'à partir du sucre interverti.

Il ne faut pas s'étonner si les produits résultant immédiatement de l'assimilation chlorophyllienne sont en nombre restreint, les mêmes substances élaborées par les feuilles se condensant, dans les parties profondes, à l'état de polyoses très différents. Ce fait met en lumière le rôle original des organes à réserve qui, loin d'être de simples magasins, se présentent comme de véritables laboratoires de synthèse.

Comment s'opère la condensation des sucres à l'état d'inuline dans les racines et les tubercules? On invoque depuis longtemps l'action des enzymes et bien des efforts se sont portés vers la reproduction expérimentale des phénomènes de synthèse observés chez les végétaux. On est obligé de reconnaître que, jusqu'alors, les tentatives de condensation des hexoses sous forme d'inuline, au moyen du suc d'expression ou de la pulpe des plantes à inuline, n'ont abouti qu'à des insuccès. Dès que les tissus se trouvent altérés, l'hydrolyse des lévulosanes qu'ils renferment déjà se poursuit, même en présence de réducteur en excès. Ces échecs ont incliné nombre d'auteurs à supposer, bien à tort, que les polyoses se forment uniquement dans les feuilles pour émigrer ensuite vers les organes à réserve. Il est plus rationnel de se borner à constater que les conditions dans lesquelles s'effectue la synthèse de l'inuline chez les végétaux n'ont pu être réalisées jusqu'à ce jour.

On alléguerait en vain une réaction d'équilibre entre les sucres et l'inuline résultant de leur condensation ; les tubercules et les racines ne renferment que des quantités insignifiantes de réducteur en face d'une masse de lévulosanes qui va croissant jusqu'à la maturité. Le brusque passage d'un état à un autre, l'absence de zones de transition augmente encore la difficulté. Les feuilles de Chicorée, les pétioles eux-mêmes à leur base, n'offrent pas trace d'inuline ; les premières assises du collet de la racine en sont remplies ; il n'existe pas de zone intermédiaire suffisamment étendue dans laquelle on verrait le réducteur diminuer insensiblement tandis qu'augmenterait, dans la même mesure, la proportion des produits de condensation. Il est vrai que nos moyens d'investigation sont grossiers ; nous sommes obligés de prélever des morceaux entiers de pulpe ;

peut-être les cellules privilégiées où s'élabore l'inuline se réduisent-elles à un petit nombre d'assises qui échappent à nos analyses.

Dans chacune des plantes étudiées, la synthèse de l'inuline est entourée de circonstances spéciales : dans le Dahlia, les tubercules seuls possèdent de l'inuline ; au contraire, la tige de Topinambour en renferme déjà abondamment. Les tubercules de Dahlia, au début de leur développement, sont riches en saccharose, au point que le pouvoir rotatoire direct de la réserve hydrocarbonée est voisin de zéro ; cette particularité ne se retrouve ni dans la racine de Chicorée, ni dans les tubercules de Topinambour.

L'inuline persiste, sans changement appréciable, à l'intérieur des tubercules de Dahlia, jusqu'au moment de la germination ; au contraire, la réserve hydrocarbonée de la racine de Chicorée ou des tubercules de Topinambour subit, au cours de la période de repos, des transformations profondes. L'inuline fait place aux lévulosanes hydrolysables par l'extrait de levure ; en outre, dans le tubercule de Topinambour, le saccharose apparaît en si grande quantité que le suc devient dextrogyre.

Tout porte à croire que ces phénomènes sont de nature diastasique ; mais il est impossible de les rapporter à l'action d'un ferment unique, simple diastase hydrolysante, amenant l'inuline à l'état de réducteur. En effet, la dégradation de l'inuline s'accompagne d'isomérisation ; à mesure qu'elle se produit, le rapport du glucose au lévulose augmente dans les produits d'hydrolyse.

Les plus simples parmi les substances résultant de la transformation de l'inuline tombent sous l'action de la sucrase de levure. A la liste des polysaccharides tributaires de l'invertine : saccharose, raffinose, gentianose, stachyose, sur lesquels le ferment agit en décrochant la molécule de lévulose, il convient d'ajouter des corps tels que la synanthrine, l'hélianthénine qui sont en réalité des gluco-lévulosanes. La sucrase hydrolyse ces substances beaucoup plus lentement que le saccharose.

Il existe, dans les racines ou les tubercules à inuline, une diastase, analogue sinon identique à la sucrase de levure et possédant, comme celle-ci, la faculté d'hydrolyser, non seulement le saccharose, mais les lévulosanes de faible poids moléculaire. Les anciens auteurs n'ont aperçu que ce ferment et lui ont attribué, à tort, la propriété de transformer, d'un trait, l'inuline en réducteur : Sachs affirmait que l'inulase est une diastase très voisine de l'invertine.

En réalité, l'enzyme hydrolysant qui se rencontre dans les parties aériennes aussi bien que dans les organes souterrains n'est pour rien dans la transformation de l'inuline qui s'opère au sein des racines et des tubercules ; son rôle se borne à faire passer à l'état de réducteur les produits de dégradation de l'inuline ; c'est grâce à cette diastase que saccharose et gluco-lévulosanes sont hydrolysés dans les sucs d'expression ; c'est grâce à elle aussi que, dans les tubercules ou les racines, se forment lentement les petites quantités de réducteur qui entretiennent la respiration. L'action de la diastase hydrolysante est surtout efficace au moment de la germination, soit que l'enzyme existe alors en proportion plus considérable dans la pulpe, soit que le ramollissement des tissus facilite le contact entre le ferment et les substances auxquelles il s'attaque. On voit alors le réducteur augmenter dans les organes souterrains et la tige vient y puiser l'aliment hydrocarboné nécessaire à son premier développement.

# VARIATION DES SUBSTANCES HYDRO-CARBONÉES DANS LES FEUILLES

*(fin)*

par M. Émile **MICHEL-DURAND**

Les jeunes gousses ne paraissent pas utiliser pour leur développement les réserves hydrocarbonées des feuilles. En effet, à l'époque où ces organes ont atteint leurs dimensions définitives, mais où la graine est à peine indiquée, les feuilles atteignent leur taux maximum en sucres à petite molécule, et en polysaccharides de réserve, quoique les conditions de végétation soient moins favorables en septembre qu'en août. Ou bien le développement des fruits s'effectue aux dépens des réserves accumulées dans les tiges et les racines pendant les premières phases du développement, ou bien la fonction chlorophyllienne qui s'exerce dans ces organes est assez intense pour suffire à la consommation ternaire de l'appareil reproducteur. J'essayerai, dans le prochain chapitre, d'élucider cette question. Avec l'apparition des graines les choses changent radicalement. Ces dernières sont le siège d'une condensation énergique des principes nutritifs et en particulier des composés sucrés, dont l'influence doit se faire sentir jusque dans les organes les plus profonds du végétal et à plus forte raison sur les feuilles. Celles-ci continuent à assimiler, mais l'équilibre précédemment établi entre la production et la consommation des sucres est rompu en faveur de cette dernière, par suite et de la disparition graduelle de la chlorophylle, et de l'approche de la mauvaise saison (abaissements de la température et de la luminosité). Cette rupture d'équilibre ne fait que s'accentuer davantage, les feuilles se vident peu à peu des réserves qui étaient accumulées dans le limbe à la floraison, si bien qu'au moment de leur chute, elles ne contiennent plus dans leur parenchyme que de faibles quantités de réserves ternaires.

L'examen du tableau X (B) où les résultats des analyses sont rapportés à 100 gr. de substance sèche, me conduirait sensiblement aux mêmes conclusions. On voit que les feuilles vertes diffèrent essentiellement des feuilles jaunes au point de vue de leur composition carbonée, par une plus forte proportion de polysaccharides de réserve.

Les variations parallèles et de même sens des glucosides et de l'amidon paraissent confirmer les conclusions relatives à la première catégorie de ces substances données à propos des feuilles persistantes et qui tendaient à faire considérer ces composés comme des réserves, résultant de l'activité chlorophyllienne au même titre que l'amidon.

En somme, chez le Haricot ramé, il y a accumulation des principes hydrocarbonés dans les feuilles depuis la floraison jusqu'au moment où les gousses ont atteint leurs dimensions définitives, mais où les graines sont à peine indiquées ; puis les réserves diminuent rapidement, sans doute au profit de la graine et aussi par l'affaiblissement qui va jusqu'à la disparition complète de la synthèse chlorophyllienne et la persistance des combustions respiratoires. Cependant les feuilles ne se vident jamais complètement et les feuilles jaunes tombées, quoiqu'appauvries en sucres, en contiennent encore des quantités très appréciables, allant jusqu'au 1/6 de leur poids sec.

## CHAPITRE II

### *PISUM SATIVUM*

Le Pois, comme le Haricot, est une plante annuelle à évolution rapide caractérisée par ce fait, que les feuilles arrivées à leur dernier stade de développement jaunissent et se dessèchent sur la plante même.

Contrairement à ce qui se passe chez les plantes étudiées jusqu'ici, il n'y a pas formation d'assise séparatrice et, par suite, pas de chute des feuilles. C'est donc un cas intéressant à étudier.

Les feuilles choisies aussi identiques que possible, étaient toujours des feuilles adultes, dont les deux folioles supérieures étaient transformées en vrilles. Les feuilles ont toujours été cueillies au même niveau.

*Récolte du 2 Juin.* — Début de la floraison.

*Récolte du 2 Juillet.* — Fruits bien développés, mais non entièrement mûrs ; les feuilles inférieures sont entièrement jaunes ; j'ai choisi des feuilles vertes.

*Récolte du 16 Juillet.* — Les fruits sont en pleine maturité ; les feuilles entièrement jaunes ou desséchées ; on a choisi des feuilles jaunes.

*Récolte du 18 Juillet.* — Feuilles entièrement desséchées à l'exception de quelques feuilles encore jaunes ; j'ai cueilli des feuilles desséchées.

Le tableau XI donne le résultat des analyses.

A l'examen de ce tableau on voit que :

1° Tous les sucres solubles ainsi que les glucosides et l'amidon, atteignent leur maximum dans les feuilles vertes au stade qui correspond, dans le développement de la plante, à la formation des fruits, ceux-ci n'ayant pas encore atteint leur complet développement. Les hydrates de carbone à petite molécule, les glucosides et l'amidon, diminuent ensuite rapidement dans la première quinzaine de juillet en même temps que les graines mûrissent et il n'en reste plus que de faibles quantités dans les feuilles desséchées. Dans ces dernières, en effet, les réactions microchimiques ne décèlent l'amidon que dans les cellules stomatiques, ce qui explique la présence de traces de maltose dans les extraits provenant de l'hydrolyse de ces feuilles.

2° La totalité des substances solubles dans l'alcool suit la même loi de variation.

3° Quant aux sucres à poids moléculaire élevé, amyloïdes et celluloses de réserve, ils subissent des variations sensiblement inverses de celles des sucres solubles et de l'amidon ; les feuilles desséchées paraissent contenir en effet une plus forte proportion de ces polysaccharides, que les feuilles vertes.

4° D'une façon générale, les sucres insolubles et la totalité des sucres sont au maximum, dans les feuilles vertes, à l'époque qui précède la maturité des fruits.

## TABLEAU XI

### FEUILLES DE *POIS RAMÉ,* Variété “ Téléphone ”

A. — RÉSULTATS DES ANALYSES, EN GRAMMES, RAPPORTÉS A 100 FEUILLES STIPULÉES

| DATES DES RÉCOLTES | SUCRES SOLUBLES DANS L'ALCOOL | | | SUCRES SOLUBLES DANS L'EAU | TOTAL | GLUCOSIDES | SUCRES INSOLUBLES | | | | TOTAL DES SUCRES INSOLUBLES | TOTAL DES SUCRES SOLUBLES et INSOLUB. | POIDS SEC DE 100 feuilles |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Réducteurs | Non Réduct. | Totalité des subst. solubles dans l'alcool | DEXTRINES | | | AMIDON | Amyloïdes | HEMICELLULOSES | Celluloses facilement hydrolys. | | | |
| 2 Juin *f. vertes* | 8,896 | 4,864 | 16, 172 | 0,140 | 13,900 | 2,100 | 1,600 | 1,480 | 0,940 | 0,560 | 4, 580 | 20, 580 | 54, 820 |
| 2 Juil$^{let}$ *f. vertes* | 11,440 | 5,040 | 25, 140 | 0,180 | 26,660 | 3,160 | 0,800 | 2,540 | 1,160 | 0,680 | 5, 180 | 35, 000 | 74, 420 |
| 16 Juil. *f. jaunes* | 3,864 | 0,936 | 6, 340 | 0,080 | 4,880 | 3,240 | 0,400 | 1,880 | 0,740 | 0,508 | 3, 528 | 11, 648 | 36, 080 |
| 18 J$^{let}$ *f. dessécb$^{es}$* | 0,760 | 0,140 | 1, 612 | 0,068 | 0,968 | 2,400 | traces (prov$^{t}$ des cellules stomatiques) | 2,700 | 1,400 | 0;720 | 4, 820 | 8, 188 | 38, 304 |

B. — RÉSULTATS DES ANALYSES RAPPORTÉS A 100 GRAMMES DE SUBSTANCE SÈCHE

| | | | | | | | | | | | | | Rapport du poids sec au poids frais |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 Juin *f. vertes* | 16,227 | 8,873 | 29,500 | 0,255 | 25,355 | 3,830 | 2,918 | 2,700 | 1,714 | 1,021 | 8, 353 | 37, 538 | 0, 133 |
| 2 Juil$^{let}$ *f. vertes* | 15,372 | 6,772 | 33,800 | 0,242 | 22,386 | 4,246 | 1,075 | 3,413 | 1,558 | 0,914 | 6, 960 | 33, 592 | 0, 213 |
| 16 J$^{llet}$ *f. jaunes* | 10,709 | 2,595 | 17,600 | 0,222 | 13,526 | 9,000 | 1,108 | 5,120 | 2,051 | 1,408 | 10, 187 | 32, 713 | 0, 172 |
| 18 J$^{let}$ *f. dessécb$^{es}$* | 2,000 | 0,366 | 4,200 | 0,177 | 2,543 | 6,266 | traces | 7,050 | 3,655 | 1,880 | 12, 585 | 21, 128 | ? |

5° Si l'on établit le rapport poids sec/poids frais pour chaque récolte, on voit que ce quotient croît d'abord, passe par un maximum à l'époque qui précède la maturité des graines, dans les feuilles vertes, et décroît ensuite jusqu'à la fin de la végétation.

En rapportant les résultats des analyses à 100 gr. de substance sèche on obtient des nombres très différents :

1° Toutes les espèces de sucre, jusqu'à l'amidon inclusivement, disparaîtraient progressivement dans les feuilles depuis l'époque de la floraison jusqu'au dépérissement complet de la plante.

2° Les polysaccharides supérieurs, amyloïdes et hémicelluloses de réserve, suivraient une loi de variation inverse et s'accumuleraient au contraire dans les feuilles au fur et à mesure que la plante vieillit et cela jusqu'à la mort du végétal ; même loi de variation pour les sucres insolubles et la totalité des sucres.

On a vu précédemment, à propos des travaux de Wehmer, quelle était l'origine d'une pareille contradiction dans les résultats, suivant que ceux-ci sont rapportés au nombre de feuilles ou à 100 gr. de substance sèche. Je me contenterai de faire remarquer qu'en acceptant les résultats du tableau XI (B), on supprime la cause d'erreur pouvant provenir de la difficulté de choisir des feuilles de Pois absolument identiques entre elles ; mais d'un autre côté, en plus des inconvénients déjà signalés, on s'explique mal le maximum pour les feuilles vertes du 2 juillet du rapport poids sec poids frais.

Au contraire les résultats du tableau A concordent parfaitement avec ce maximum. Il s'ensuit donc que les feuilles de Pois présentent leur plus grande teneur en sucres solubles et insolubles dans la période comprise entre la floraison et la maturité des fruits, les feuilles vertes étant toujours plus riches en les différentes sortes de principes hydrocarbonés que les feuilles jaunes. Dans le Pois, il y aurait donc une mise en réserve dans les feuilles, moins accusée toutefois que chez le Haricot, sans doute à cause de ce fait que chez la première de ces Légumineuses les feuilles ont été cueillies à une époque où les graines, quoique n'ayant pas atteint leur maturité, étaient cependant bien développées et où, par suite, les réserves des feuilles avaient déjà commencé leur migration vers la graine.

Donc, en même temps que la chlorophylle disparaît, les hydrates de carbone entrent aussi en régression, à l'exception toutefois des sucres fortement condensés, amyloïdes et celluloses de réserve, qui paraissent s'accumuler dans les feuilles jusqu'à la dessiccation complète de ces organes. Même après le jaunissement avancé, le départ des hydrates de carbone continue et devient même très rapide ; cette disparition des sucres, sur la fin de la vie de la feuille, s'explique par l'absence d'assise séparatrice dans l'espèce considérée. La disparition des composés hydrocarbonés n'est jamais totale et les feuilles desséchées contiennent encore le 1/5 de leur poids sec en réserves sucrées.

## CHAPITRE III

### I. COMPARAISON ENTRE LES FEUILLES DE HARICOT ET DE POIS

Il ressort de l'étude qui vient d'être faite sur les feuilles de Pois et de Haricot, que ces plantes paraissent emmagasiner dans leurs feuilles, entre l'époque de la floraison et du développement des graines, une quantité assez considérable de sucres simples et complexes. Ces réserves ne sont d'ailleurs que transitoires ; au moment du développement des graines, elles passent dans ces organes si bien que, dès ce moment, les feuilles vont s'appauvrissant de plus en plus en principes hydrocarbonés par accélération intensive de la migration, par régression de la synthèse chlorophyllienne et cela jusqu'à leur complet dépérissement. Les feuilles jaunes sont toujours moins riches en sucres solubles que les feuilles vertes de la même espèce; le même fait se produit pour l'azote comme l'a établi Molliard (1) sur les feuilles de Pois. La teneur en eau est minima dans les feuilles vertes à l'époque qui précède immédiatement la maturité des graines ; elle augmente ensuite jusqu'à la fin de la végétation. A ce moment, les feuilles de Pois comme celles de Haricot, contiennent encore d'assez fortes proportions de sucres solubles et insolubles et paraissent même plus riches en celluloses de réserve.

Il y a donc similitude complète dans l'évolution des feuilles des deux plantes annuelles considérées, la seule différence résidant dans ce fait purement anatomique, que tandis que les folioles de Haricot arrivées à leur terme final, se détachent de la plante et tombent après le jaunissement, les feuilles de Pois ne formant pas de méristème séparateur, restent adhérentes au végétal et se dessèchent sur la plante même.

---

(1) Molliard. *Loc. cit.*, p. 285.

L'absence de toute assise séparatrice dans le pétiole permet la migration plus complète des principes hydrocarbonés vers la graine et il doit se produire sur la fin de la végétation du Pois un phénomène analogue à ce qui se passe dans le Blé, mis en javelle, fait signalé par Pierre en ce qui concerne les réserves azotées.

## 2. COMPARAISON ENTRE LES FEUILLES DES PLANTES ANNUELLES ET DES PLANTES VIVACES A FEUILLES CADUQUES

Les feuilles appartenant soit à des plantes annuelles, soit à des végétaux vivaces à feuilles caduques, offrent, quant aux principes hydrocarbonés, des variations de même nature : après avoir passé par un maximum les sucres simples et complexes diminuent progressivement jusqu'à la fin de la végétation. Mais l'époque du maximum et sa nature varient suivant l'espèce de plante considérée, et par suite il y a lieu de distinguer les trois maxima correspondant :

1° aux sucres réducteurs et solubles
2° aux sucres insolubles
3° à la totalité des sucres.

1° Chez les plantes vivaces à feuilles caduques, le maximum en sucres solubles est corrélatif du jaunissement automnal ; la disparition de la chlorophylle s'accompagne chez ces végétaux d'une digestion très nette des polysaccharides complexes et d'une accumulation de sucres à petite molécule, dans le parenchyme foliaire.

Les feuilles des plantes annuelles ne présentent pas ce caractère. Le maximum de leur richesse en sucres solubles et insolubles a lieu simultanément à l'époque qui précède immédiatement la maturation des graines, celles-ci étant à peine indiquées, et dès ce moment les sucres solubles et les formes de réserve (exception faite des celluloses) diminuent régulièrement jusqu'à la fin de la végétation ; il s'ensuit que les feuilles jaunes sont moins riches en sucres solubles que les feuilles vertes correspondantes.

Ces résultats ne sont pas limités aux principes hydrocarbonés et les mêmes conclusions relatives aux feuilles jaunes peuvent être appliquées aux substances azotées, comme il résulte des analyses de Molliard (1) portant sur les feuilles de *Fagus silvatica* et de ***Pisum sativum.***

On peut donc généraliser et conclure que les substances organiques solubles des feuilles évoluent différemment sur la fin de la végétation, suivant que l'on considère ces organes chez les plantes annuelles ou chez les plantes vivaces à feuilles caduques. Tandis que chez les premières les principes organiques solubles disparaissent progressivement jusqu'à la fin de la végétation, ces mêmes substances s'accumulent au contraire dans les feuilles des plantes vivaces, si bien que leurs feuilles jaunes sont plus riches en composés organiques à petite molécule que leurs feuilles vertes.

# CHAPITRE IV

## MIGRATION DES HYDRATES DE CARBONE CHEZ LES PLANTES ANNUELLES

Des haricots nains (*Phaseolus vulgaris*, variété Soissons) ont été semés en juillet au Jardin du Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau. La variété choisie donne des gousses nombreuses et par suite convient mieux que toute autre à l'étude du phénomène que je me suis proposé d'étudier. Les récoltes ont été effectuées au milieu de la journée ; les plantes arrachées avec précaution ont été transportées à Paris et fixées dans l'alcool exactement vingt-quatre heures après. Pour cela, la racine était sectionnée à la hauteur du collet et mise à part ainsi que les folioles. Le traitement alcoolique préliminaire a donc porté sur les trois sortes d'organes suivants :

1° sur les racines,

2° sur les tiges et sur les pétioles des feuilles et des folioles,

3° sur le limbe des folioles,

---

(1) Molliard, *Loc. cit.*, p. 287.

4° sur les gousses,

5° sur les graines.

Les témoins correspondants ont été mis à l'étuve à 100-105°.

Voici dans quelles conditions ont été effectuées les récoltes :

1° *Récolte du 6 Août.* — Les plantes étaient en fleurs ; les feuilles avaient atteint leur taille définitive. Les feuilles et les fleurs ont été analysées ensemble.

2° *Récolte du 2 Septembre.* — Les gousses avaient atteint leur taille normale ; les graines à peine indiquées ont été analysées avec les gousses.

3° *Récolte du 23 Septembre.* — Les feuilles commencent à jaunir ; quelques-unes sont même complètement décolorées. Les gousses sont entièrement vertes, à l'exception de quelques rares spécimens qui sont jaunes. Les graines se séparent facilement, mais n'ont pas encore atteint leur maturité. Les gousses vertes ont été séparées des graines.

4° *Récolte du 13 Octobre.* — Les feuilles sont entièrement jaunes sauf quelques-unes peu nombreuses qui sont encore vertes. Il en est de même pour les fruits ; les fruits verts ont été éliminés ; les graines arrivées à maturité ont été séparées des gousses jaunes. La plante commence à se dessécher.

Les résultats des analyses sont résumés dans les tableaux suivants, où ils sont rapportés :

1° à 100 gr. de substance sèche,

2° à 100 gr. de substance fraîche.

### 1. Racines.

| | | |
|---|---|---|
| GLUCOSE PAR 100 GR. DE SUBSTANCE SÈCHE | 1° *Récolte du 6 Août* . . . | 1,328 |
| | 2° — *du 2 Septembre.* | 1,147 |
| | 3° — *du 23 Septembre.* | 1,283 |
| | 4° — *du 13 Octobre.* . | 0,965 |

On voit que la quantité de glucose est maxima au moment de la floraison ; les sucres simples restent ensuite en quantité sensiblement constante jusqu'à l'époque qui précède immédiatement la maturation des graines et diminue ensuite jusqu'à la fin de la végétation.

## TABLEAU XII

### HARICOT NAIN Variété « Soissons »

ANALYSES AYANT PORTÉ SUR LES TIGES ET LES PÉTIOLES DES FEUILLES

A. — RÉSULTATS DES ANALYSES RAPPORTÉS A 100 GR. DE SUBSTANCE SÈCHE

| DATES DES RÉCOLTES | SUCRES SOLUBLES DANS L'ALCOOL | | | SUCRES SOLUBLES DANS L'EAU DEXTRINES | TOTAL | GLUCOSIDES | SUCRES INSOLUBLES | | | | TOTAL DES SUCRES insolubles | TOTAL DES SUCRES SOLUBLES et INSOLUB. | RAPPORT DU POIDS SEC AU POIDS FRAIS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Réducteurs | Non Réduct. | Non dédoubla. par l'invertine non ppités par l'acétate de Plomb. | | | | AMIDON | AMYLOÏDES | HÉMICELLULOSES | Celluloses facilement hydrolysables | | | |
| 6 Août | 7, 390 | 3, 540 | | 0, 215 | 11, 145 | 8, 527 | traces | 4, 396 | 2, 620 | 1, 895 | 8, 753 | 28, 425 | |
| 2 Sept$^{bre}$ | 8, 043 | 3, 438 | | 0, 162 | 11, 643 | 10,000 | 5, 405 | 3, 000 | 1, 918 | 1, 323 | 11, 646 | 33, 289 | |
| 23 — | 4, 700 | 2, 350 | 0 | 0, 186 | 7, 236 | 11,567 | 2, 768 | 4, 142 | 3, 059 | 1, 882 | 10, 865 | 29, 685 | |
| 13 Oct$^{bre}$ | 2, 318 | 2, 400 | 0 | 0, 290 | 4, 968 | 11,256 | 0, 580 | 4, 589 | 3, 285 | 2, 070 | 7, 153 | 23, 317 | |
| B. — RÉSULTATS DES ANALYSES RAPPORTÉS A 100 GR. DE SUBSTANCE FRAICHE | | | | | | | | | | | | | |
| 6 Août | 1, 114 | 0, 534 | 0 | 0, 032 | 1, 680 | 1, 286 | traces | 0, 662 | 0, 395 | 0, 286 | 1, 343 | 3, 309 | 0, 151 |
| 2 Sept$^{bre}$ | 1, 821 | 0, 778 | 0 | 0, 036 | 2, 638 | 2, 265 | 1, 220 | 0, 677 | 0, 433 | 0, 300 | 2, 630 | 7, 533 | 0, 226 |
| 23 Sep$^{bre}$ | 0, 946 | 0, 473 | 0 | 0, 038 | 1, 457 | 2, 327 | 0, 555 | 0, 828 | 0, 612 | 0, 373 | 2, 368 | 6, 152 | 0, 203 |
| 13 Oct$^{bre}$ | 0, 612 | 0, 640 | 0 | 0, 075 | 1, 327 | 2, 920 | 0, 150 | 1, 190 | 0, 850 | 0, 537 | 2, 727 | 6, 974 | 0, 264 |

Il serait intéressant de connaître les lois de variation des autres principes hydrocarbonés, ce que je me propose de faire dans une étude postérieure. Les sucres à petite molécule n'existent donc qu'en faible quantité dans les organes souterrains de cette Légumineuse, surtout à la fin de la végétation.

### 2. Tiges et pétioles.

Le tableau XII (A) donne les résultats des analyses rapportés à 100 gr. de substance sèche ; le tableau XII (B), les résultats des mêmes analyses rapportés à 100 gr. de substance fraîche. La comparaison de ces deux tableaux établit que les variations des hydrates de carbone sont sensiblement identiques dans les deux cas. Cependant la dernière récolte est en discordance très nette ; cela tient à ce que les organes récoltés à cette époque ont subi un commencement de dessiccation, ce qui entraîne un taux élevé en principes sucrés pour les résultats rapportés à 100 gr. de substance fraîche. On considérera donc seulement les résultats du tableau A.

1° Les sucres réducteurs augmentent légèrement pendant le laps de temps qui s'écoule de la floraison à la formation des fruits ; ils diminuent ensuite rapidement pendant le développement des graines et, à la fin de la végétation, la proportion de ces sucres tombe au 1/4 de ce qu'elle était primitivement.

2° Les sucres non réducteurs dédoublables par l'invertine présentent leur maximum à l'époque de la floraison ; leur proportion s'affaiblit ensuite jusqu'à l'évolution complète de la plante, d'abord très légèrement, ensuite plus rapidement, pendant le développement des graines.

3° La forte proportion de dextrines sur la fin de la végétation doit être en rapport avec la digestion de l'amidon.

4° Les sucres simples existent dans la tige en proportion assez considérable qui peut atteindre le 1/10 du poids sec ; cette proportion reste sensiblement constante jusqu'à l'époque du développement des graines avec un léger maximum à ce moment ; elle diminue ensuite rapidement jusqu'à la mort de la plante.

5° Les glucosides sont en progression continue depuis la floraison jusqu'à la période qui précède immédiatement la maturité ; à partir de cette époque, ils paraissent en régression à peine accusée.

6° L'amidon se comporte dans ses variations comme les sucres réducteurs avec un maximum très net et rapide à l'époque qui précède immédiatement le développement des graines ; puis ce sucre de réserve diminue régulièrement jusqu'à la fin de la végétation ; il est à noter qu'à ce moment, les tiges en contiennent encore des proportions qui sont loin d'être négligeables.

7° Les polysaccharides supérieurs (amyloïdes et celluloses de réserve) présentent des variations de même sens et inverses de celles de l'amidon. Ces principes hydrocarbonés, au minimum en septembre, augmentent ensuite régulièrement jusqu'à la fin de la végétation. Cependant le sens des variations des sucres insolubles et au total n'en est pas modifié pour cela, et se trouve être celui des sucres réducteurs.

L'explication des faits que je viens d'énumérer est facile à donner. Comme je l'ai déjà fait remarquer à propos de l'étude des feuilles des plantes annuelles il se produit, dans les premières phases de l'évolution du végétal, jusqu'à la formation des graines, une accumulation de sucres solubles et insolubles aussi bien dans la racine que dans les tiges des plantes considérées. Les racines paraissent se saturer de sucres les premières, puis c'est le tour de la tige où il se produit, entre la floraison et le développement des graines, une mise en réserve très importante de principes sucrés simples et complexes. D'après ce qu'on a vu déjà à propos des feuilles annuelles, le même fait se produit pour les organes foliacés En septembre, en effet, l'évolution des jeunes organes est terminée, et quoique les conditions de synthèse soient moins favorables qu'en août, la presque totalité des sucres formés par les parenchymes chlorophylliens est mise en réserve dans les organes végétatifs de la plante, à l'exception d'une certaine quantité utilisée pour la nutrition générale des cellules vivantes. Mais dès que les graines entrent dans leur phase de développement, les réserves hydrocarbonées de la tige s'épuisent vite, l'amidon plus rapidement encore que les sucres simples ; ces composés hydrocarbonés doivent émigrer dans les graines qui jouent le rôle de condenseur non seulement pour les sucres résultant de l'activité chlorophyllienne, mais encore pour tous les termes de la série hydrocarbonée de condensation égale ou inférieure à l'amidon. Ce dernier sucre disparaît donc des tiges à ce moment pour deux raisons : la plus grande quantité de ce polysaccharide passerait dans les fruits soit sous la forme soluble, ou bien après avoir été digéré au préalable par une amylase, comme parait l'indiquer la forte proportion de dextrines dans les tiges sur la fin de la végétation, le reste subirait une condensation plus avancée en amyloïdes et celluloses à structure moléculaire relativement simple. Mais les tiges des plantes considérées ne se vident jamais complètement au profit de la graine et le courant migrateur cesse alors que l'appareil de soutien contient encore des quantités importantes de chacun des principes de la série hydrocarbonée.

En somme, *chez le Haricot :*

1° Jusqu'au moment de la floraison, les hydrates de carbone résultant de l'activité chlorophyllienne paraissent être utilisés surtout pour le développement de l'appareil végétatif et l'entretien de la vie de la plante ; il n'y a pas de mise en réserve proprement dite pendant cette première phase.

2° Pendant toute la période de développement des gousses jusqu'au moment où les fruits ont atteint leurs dimensions définitives, les graines étant encore à peine indiquées, les sucres viennent s'emmagasiner dans la tige et le développement des fruits ne paraît nullement entraver cette mise en réserve.

3° Celle-ci s'arrête bientôt et le développement des graines entraîne un appauvrissement continu de la tige en principes hydrocarbonés, jusqu'à la fin de la végétation.

### 3. Feuilles.

L'examen du tableau XIII montre que les considérations émises à propos de la tige et du pétiole des feuilles s'appliquent aussi dans leurs grandes lignes aux limbes de ces dernières. Cependant ceux-ci présentent quelques caractéristiques que j'ai cru bon de signaler.

Tout d'abord la présence d'un sucre (1) soluble dans l'alcool, non dédoublé par l'invertine dans les conditions de l'expérience et qui parait être surtout abondant sur la fin de la végétation, à l'époque

---

(1) Les solutions, débarrassées des composés tanniques par l'acétate de plomb et l'acide sulfhydrique ne sont pas dédoublées par l'invertine. Ce sucre ne provient donc pas d'un résidu d'inversion.

## TABLEAU XIII

## HARICOT NAIN, Variété "Soissons"

### ANALYSES AYANT PORTÉ SUR LES LIMBES DES FEUILLES

### A. — RÉSULTATS, EN GRAMMES, RAPPORTÉS A 100 GRAMMES DE SUBSTANCE SÈCHE

| DATES DES RÉCOLTES | SUCRES SOLUBLES DANS L'ALCOOL | | | SUCRES SOLUBLES DANS L'EAU DEXTRINES | TOTAL DES SUCRES SOLUBLES | GLUCOSIDES | SUCRES INSOLUBLES | | | | TOTAL DES SUCRES INSOLUB. | TOTAL DES SUCRES SOLUBLES et INSOLUB. | RAPPORT DU POIDS SEC AU POIDS FRAIS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Réducteurs | Non réduct. | Non dédoublés par l'invert. non pptés par l'acétate de Plomb | | | | AMIDON | AMYLOÏDES | HÉMICELLULOSES | Celluloses facilement hydrolysables | | | |
| 6 Août | 1, 725 | 1 ,745 | 0, 238 | 0, 099 | 3, 807 | 2, 637 | 0 | 0, 753 | 0, 714 | 1, 011 | 2, 478 | 8, 922 | 0, 491 |
| 2 Sept$^{bre}$ | 2, 523 | 0, 883 | 0, 220 | 0, 126 | 3, 752 | 3, 375 | 0 | 0, 883 | 0, 757 | 0, 851 | 2, 491 | 9, 618 | 0, 232 |
| 23 Sep$^{bre}$ | 1, 280 | 0, 139 | 3, 142 | 0, 166 | 4, 727 | 3, 086 | 0 | 1, 056 | 0, 666 | 0, 722 | 2, 444 | 10, 257 | 0, 275 |
| 13 Oct$^{bre}$ | 1, 287 | 0, 400 | 1, 716 | 0, 129 | 3, 532 | 4, 000 | 0 | 0, 202 | 0, 858 | 1, 000 | 3, 060 | 10,5 92 | 0, 194 |

### B. — RÉSULTATS DES ANALYSES RAPPORTES A 100 GRAMMES DE SUBSTANCE SÈCHE

| DATES DES RÉCOLTES | Réducteurs | Non réduct. | Non dédoublés par l'invert. non pptés par l'acétate de Plomb | SUCRES SOLUBLES DANS L'EAU DEXTRINES | TOTAL DES SUCRES SOLUBLES | GLUCOSIDES | AMIDON | AMYLOÏDES | HÉMICELLULOSES | Celluloses facilement hydrolysables | TOTAL DES SUCRES INSOLUB. | TOTAL DES SUCRES SOLUBLES et INSOLUB. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 Août | 0, 330 | 0, 333 | 0, 045 | 0, 019 | 0, 727 | 0,504 | 0 | 0, 144 | 0, 136 | 0, 193 | 0, 473 | 1, 704 |
| 2 Sept$^{bre}$ | 0, 586 | 0, 205 | 0, 051 | 0, 030 | 0, 872 | 0,783 | 0 | 0, 205 | 0, 175 | 0, 197 | 0, 577 | 2, 232 |
| 23 Sep$^{bre}$ | 0, 351 | 0, 031 | 0, 863 | 0, 046 | 1, 291 | 0,848 | 0 | 0, 290 | 0, 183 | 0, 198 | 0, 671 | 2, 81[illegible] |
| 13 Oct$^{bre}$ | 0, 249 | 0, 080 | 0, 333 | 0, 025 | 0, 687 | 0,775 | 0 | 0, 233 | 0, 166 | 0, 192 | 0, 591 | 2, 053 |

qui précède immédiatement la maturité des graines. Ce fait coïncidant avec l'absence d'amidon, permet de supposer qu'on se trouve en présence d'une forme de réserve. On sait en effet que la présence d'amidon dans les feuilles vertes n'est pas un phénomène général, de nombreuses espèces végétales pouvant édifier leurs réserves hydrocarbonées sous une autre forme. Cependant l'absence de substance amylacée pourrait encore trouver son explication dans ce fait que le traitement des organes végétaux n'a été effectué que 24 h. après la récolte et que, dans ces conditions, les phénomènes de migration se continuant, la totalité de l'amidon des feuilles aurait passé dans la tige ou la racine. L'examen microscopique, et l'analyse chimique effectués immédiatement après la récolte de feuilles de la même espèce, permettront de résoudre la question.

Les réserves hydrocarbonées des feuilles se trouvant sous une forme soluble et à poids moléculaire peu élevé, il semblerait en résulter que le pouvoir de condensation des parenchymes foliaires, pour les hydrates de carbone, est d'une intensité plus faible que celui des tiges. D'autre part le maximum des sucres étant atteint fin septembre à l'époque qui précède immédiatement la maturation des graines, il s'ensuivrait que les réserves des tiges passeraient dans les graines avant celles des feuilles. Si l'on remarque que, d'une façon générale, dans tous les organes des plantes annuelles, le taux maximum des sucres réducteurs coïncide avec la proportion maxima d'amidon dans l'organe considéré et que ces deux sortes de sucres subissent la même loi de variation, on peut conclure que le taux maximum des réserves serait atteint :

1° au moment de la floraison pour la racine;

2° à l'époque qui précède immédiatement la formation des graines pour la tige;

3° au moment qui précède immédiatement la maturité des graines pour les feuilles.

Les proportions des différentes catégories de sucres sont beaucoup plus faibles pour la feuille que pour la tige, dans le rapport de 1 à 3, ce qui accentue le rôle d'organe de réserve de cette dernière.

Il résulte des considérations précédentes que la totalité de l'appareil végétatif de la plante annuelle, racine (tout au moins quant aux sucres réducteurs) tige, feuilles, subissent, au cours de leur évolution, des variations en principes hydrocarbonés, de même intensité et de même sens. Si l'on considère que ces organes ont une même durée de vie, renferment tous de la chlorophylle (à l'exception des racines), il y a là une concordance de fonction et de composition intéressante à retenir. Cependant si à un moment donné, les différentes parties du végétal fonctionnent comme organes de réserve, ce caractère est beaucoup plus accentué chez la tige que chez la feuille. Ces dernières, à l'inverse des tiges, sont surtout des laboratoires, exceptionnellement des entrepôts, de principes nutritifs.

*En résumé*, l'évolution des principes hydrocarbonés des plantes annuelles serait le suivant : Pendant les premières phases du développement jusqu'au moment de l'apparition des graines, les sucres provenant de la synthèse chlorophyllienne s'accumulent dans l'appareil végétatif. Ce dernier se gorge de sucres complexes et se sature de sucres simples et cela dans l'ordre suivant : racine, tige, feuilles, la saturation gagnant de proche en proche jusqu'aux organes qui sont par excellence les générateurs des principes sucrés ; au moment du développement des graines, les hydrates de carbone quittent peu à peu l'appareil végétatif. Les racines se vident les premières, puis la tige et enfin les feuilles et les substances ternaires émigrent vraisemblablement vers la graine où elles vont se condenser. Mais l'épuisement en principes hydrocarbonés n'est jamais complet et la mort surprend la plante alors qu'elle contient encore des quantités notables de ces substances ternaires dans la racine, les tiges et les feuilles.

# QUATRIÈME PARTIE

## FEUILLES CARPELLAIRES

### HARICOT NAIN

On peut conclure des résultats réunis dans les tableaux XIV et XIV *bis* :

# TABLEAU XIV

## HARICOT NAIN " Variété Soissons " **Fruits**.

RÉSULTATS DES ANALYSES, EN GRAMMES, RAPPORTÉS A 100 GR. DE SUBSTANCE SÈCHE

| DATES DES RÉCOLTES | SUCRES SOLUBLES DANS L'ALCOOL | | | SUCRES SOLUBLES DANS L'EAU | TOTAL | GLUCOSIDES | SUCRES INSOLUBLES | | | | TOTAL DES SUCRES insolubles | TOTAL DES SUCRES SOLUBLES et INSOLUB. | RAPPORT DU POIDS SEC AU POIDS FRAIS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Reducteurs | Non Réduct. | NON DÉDOUBLÉS PAR l'invertine | DEXTRINES | | | AMIDON | AMYLOIDES | HÉMICELLULOSES | Celluloses facilement hydrolysables | | | |
| **1°. GOUSSES ET GRAINES** | | | | | | | | | | | | | |
| 2 Sept$^{bre}$ | 6, 152 | 3, 630 | 0 | 0, 870 | 10, 652 | 6,522 | 18, 452 | 1, 600 | 1, 630 | 1, 326 | 23, 008 | 49, 182 | 0, 117 |
| 23 Sep$^{bre}$ | 3, 500 | 4, 462 | 0 | 0, 686 | 8, 648 | 9,686 | 22, 888 | 2, 626 | 3, 739 | 2, 283 | 31, 653 | 49, 870 | 0, 233 |
| 13 Oct$^{bre}$ | 6, 644 | 7, 242 | 0 | 0, 731 | 14, 617 | 18,618 | 16, 975 | 4, 347 | 5, 045 | 3, 490 | 29, 857 | 63, 092 | 0, 265 |
| **2°. GOUSSES SEULES** | | | | | | | | | | | | | |
| 2 Sept$^{bre}$ | 6, 152 | 3, 630 | 0 | 0, 870 | 10, 652 | 6,522 | 18, 452 | 1, 600 | 1, 630 | 1, 326 | 23, 008 | 40, 182 | 0, 117 |
| 23 Sep$^{bre}$ | 7, 000 | 5, 824 | 0 | 1, 243 | 14, 067 | 7,853 | 9, 476 | 3, 102 | 3, 608 | 2, 726 | 18, 912 | 40, 832 | 0, 134 |
| 13 Oct$^{bre}$ | 13, 287 | 11, 154 | 0 | 1, 154 | 25, 595 | 21,000 | 3, 415 | 6, 615 | 6, 538 | 5, 461 | 22, 029 | 68, 624 | 0, 136 |
| **3°. GRAINES SEULES** | | | | | | | | | | | | | |
| 23 Sep$^{bre}$ | 0 | 3, 100 | 0 | 0, 130 | 3, 430 | 11,519 | 36; 300 | 2, 451 | 3, 871 | 1, 840 | 44, 162 | 59, 111 | 0, 332 |
| 13 Oct$^{bre}$ | 0 | 3, 330 | 0 | 0, 308 | 3, 638 | 16,237 | 30, 530 | 2, 080 | 3, 452 | 1, 520 | 37, 582 | 57, 457 | 0, 395 |

## TABLEAU XIV bis

### HARICOT NAIN, Variété “ Soissons ” **Fruits.**

RÉSULTATS DES ANALYSES, EN GRAMMES, DES GOUSSES ET DES GRAINES RAPPORTÉS A 100 DE SUBSTANCE FRAICHE

| DATES DES RÉCOLTES | SUCRES SOLUBLES DANS L'ALCOOL | | | SUCRES SOLUBLES DANS L'EAU DEXTRINES | TOTAL DES SUCRES SOLUBLES | GLUCOSIDES | SUCRES INSOLUBLES | | | | TOTAL DES SUCRES insolubles | TOTAL DES SUCRES SOLUBLES et INSOLUB. | RAPPORT DU POIDS SEC AU POIDS FRAIS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Réducteurs | Non Réduct. | — | | | | AMIDON | AMYLOÏDES | HÉMICELLULOSES | Celluloses facilement hydrolysables | | | |
| 2 Sep$^{bre}$ gousses et graines | 1, 137 | 0, 671 | | 0, 160 | 1, 968 | 1,206 | 3, 411 | 0, 296 | 0, 300 | 0, 245 | 4, 252 | 7, 426 | 0, 185 |
| 23 Sp$^{bre}$ gousses | 0, 935 | 0, 780 | | 0, 166 | 1, 881 | 1,052 | 1, 270 | 0, 415 | 0, 483 | 0, 400 | 2, 568 | 5, 501 | 0, 134 |
| 23 Sp$^{bre}$ graines | 0 | 1, 020 | | 0, 042 | 1, 062 | 3,820 | 11, 968 | 0, 710 | 1, 276 | 0, 606 | 14, 560 | 19, 442 | 0, 330 |
| 13 Oct$^{bre}$ gousses | 1, 813 | 1, 520 | | 0, 157 | 3, 490 | 2,850 | 0, 465 | 0, 900 | 0, 890 | 0, 744 | 2, 999 | 9, 339 | 0, 136 |
| 13 Oct$^{bre}$ graines | 0 | 1, 314 | | 0, 121 | 1, 435 | 6,410 | 12, 050 | 0, 821 | 1, 363 | 0, 600 | 14, 834 | 22, 679 | 0, 400 |
| GOUSSES SEULES | | | | | | | | | | | | | |
| 23 Septembre | 0, 935 | 0, 780 | | 0, 166 | 1, 881 | 1,052 | 1, 270 | 0, 415 | 0, 483 | 0, 400 | 2, 568 | 5, 501 | 0, 134 |
| 10 Octobre | 1, 813 | 1, 520 | | 0, 157 | 3, 490 | 2,850 | 0, 465 | 0, 900 | 0, 890 | 0, 744 | 2, 999 | 9, 339 | 0, 136 |
| GRAINES SEULES | | | | | | | | | | | | | |
| 23 Septembre | 0 | 1, 020 | | 0, 042 | 1, 062 | 3,820 | 11, 968 | 0, 710 | 1, 276 | 0, 606 | 14, 560 | 19, 442 | 0, 330 |
| 10 Octobre | 0 | 1, 314 | | 0, 121 | 1, 435 | 6,410 | 12, 050 | 0, 821 | 1, 263 | 0, 600 | 14, 834 | 22, 679 | 0, 400 |

1° Pour le fruit considéré dans son ensemble, les sucres réducteurs et la totalité des sucres solubles diminuent de moitié environ pendant les premières phases du développement de la graine, puis dépassent sensiblement le taux primitif, à la maturité.

2° Les sucres non réducteurs à base de lévulose, les glucosides, s'accumulent dans l'appareil reproducteur.

3° Les fruits sont caractérisés par un taux relativement élevé en dextrines qui dépasse de beaucoup celui des organes végétaux étudiés jusqu'ici.

4° L'amidon présente un maximum très net à l'époque qui précède immédiatement la maturité ; lorsque cette dernière est atteinte, la proportion de ce polysaccharide a légèrement diminué.

5° Les polysaccharides supérieurs croissent régulièrement avec la maturation de la graine.

6° Etant donné la masse considérable des substances amylacées par rapport aux sucres de condensation supérieure, les variations de la totalité des sucres insolubles sont de même sens que celles de l'amidon. On remarquera enfin que l'appareil reproducteur s'enrichit rapidement en sucres depuis le moment où les graines apparaissent jusqu'à la maturité complète de ces dernières ; par suite le rapport poids sec/poids frais va croissant ; le fruit se déshydrate progressivement.

La considération globale de l'ensemble du fruit montre donc que cet organe s'enrichit en sucres jusqu'à sa maturité complète. Cet enrichissement est très rapide puisqu'il s'effectue ici dans l'espace de 40 jours ; il se produit pendant le mois de septembre et les premiers jours d'octobre, moins favorables à la végétation que le mois d'août par exemple ; il est donc le résultat de la migration des réserves ternaires accumulées au préalable dans l'appareil végétatif. Il n'est nullement influencé par la diminution de la synthèse chlorophyllienne, à la suite de l'apparition et de l'aggravation constante des mauvaises conditions externes de végétation.

Cependant, il importait de savoir si les lois de variation des hydrates de carbone données plus haut s'appliquaient indistinctement à toutes les parties du fruit, ou bien si la graine et le péricarpe se comportaient différemment. Certaines anomalies constatées à propos des sucres réducteurs et de l'amidon, trouveraient probablement leur explication dans une divergence accusée dans la variation des matières ternaires de ces deux sortes d'organes.

Le tableau XIV *bis* montre :

1° que le taux des sucres réducteurs, non réducteurs, et de la totalité des sucres solubles, s'élève progressivement dans les feuilles carpellaires depuis l'apparition des graines, jusqu'au développement complet de ces dernières. Les gousses jaunes sont de beaucoup les plus riches en toutes les catégories de sucres solubles.

2° Les gousses présentent une proportion relativement élevée de dextrines, de beaucoup supérieure au taux ordinairement rencontré dans le cours de ces recherches. Ces polysaccharides solubles étant considérés comme des résidus d'hydrolyse, leur abondance dans ces organes laisse supposer une activité considérable des diastases amylolytiques dans les feuilles carpellaires.

3° Les glucosides s'accumulent rapidement dans le péricarpe des fruits, surtout pendant la période qui précède immédiatement la disparition de la chlorophylle ; les gousses jaunes en contiennent trois fois plus environ que les gousses vertes.

4° Les réserves amylacées, accumulées dans les feuilles carpellaires jusqu'au moment de l'apparition des graines, s'épuisent rapidement pendant le développement de ces dernières. En 20 jours, l'amidon diminue de moitié ; les gousses encore riches en chlorophylle sont à ce moment le siège d'une assimilation intense ; mais la migration des principes hydrocarbonés l'emporte sur leur production et le résultat se traduit par une déperdition graduelle des réserves amylacées. La synthèse chlorophyllienne s'affaiblit de plus en plus, les conditions extérieures deviennent plus mauvaises (abaissement de la température et de la luminosité, le pigment vert disparaît graduellement) et à l'assimilation normale se substitue peu à peu un régime de synthèse faible ; en conséquence, les diastases hydrolysantes l'emportent sur les diastases de synthèse et les gousses jaunes se comportent à ce moment comme les feuilles jaunes caduques des arbres.

5° Les polysaccharides à condensation élevée, amyloïdes, hémicelluloses, celluloses de réserve, varient en sens inverse de l'amidon ; le taux de ces sucres s'élève rapidement et suivant la progression 1, 2, 4 par rapport à la première récolte, ce qui explique l'augmentation de poids sec indiqué par l'accroissement continu des rapports poids sec/poids frais.

En somme, les feuilles carpellaires de Haricot présentent, au moment où elles ont atteint leur taille définitive, mais où les graines sont à peine indiquées, une forte proportion de réserves amylacées. Ces organes, riches en chlorophylle, se sont donc comportés jusqu'ici, au point de vue de l'édification des réserves, comme des feuilles ordinaires ; cependant il se pourrait que ces réserves hydrocarbonées ne soient pas entièrement autochtones et proviennent au moins en partie de la migration des principes élaborés par les feuilles ordinaires. Quoi qu'il en soit, les diastases de synthèse ont à ce moment une action prédominante nettement accusée, mais avec l'évolution des graines le phénomène inverse se produit. La simplification moléculaire des principes hydrocarbonés d'abord faible tant que la gousse reste verte, s'accentue avec la disparition de la chlorophylle et il en résulte une accumulation considérable de sucres solubles dans les gousses jaunes. L'assimilation chlorophyllienne ayant cessé à ce moment dans les feuilles carpellaires, la respiration des organes reproducteurs se continuant, il est logique d'attribuer la richesse en sucre des enveloppes jaunes du fruit à la prédominance des diastases hydrolysantes sur les diastases de synthèse ou, ce qui revient au même, au déplacement des équilibres fermentaires, dont la réversibilité paraît être établie par plusieurs auteurs et notamment par Bourquelot et Bridel (1). Le taux élevé des dextrines signalé dans ces organes paraît confirmer cette opinion.

L'accumulation de sucres à petite molécule dans les feuilles carpellaires suppose un ralentissement des échanges osmotiques tel, que l'émigration des hydrates de carbone vers les graines se trouve fort réduite. Cette hypothèse est d'autant plus vraisemblable que, sur la fin de la végétation, les placentas, de même que tous les organes de la plante, subissent une déshydratation progressive, qui doit entraver sérieusement l'activité des phénomènes osmotiques.

---

(1) Bourquelot et Bridel. *Les équilibres fermentaires*. Journ. de Pharm. et de Chim., T. IX, pp. 104-155-230, 1914.

Il serait intéressant de suivre l'évolution de ces principes hydrocarbonés solubles accumulés dans les feuilles carpellaires et de voir s'ils s'écoulent à la longue dans les graines ou bien s'ils persistent dans les gousses jusqu'à la fin.

Les analyses comparées des graines et des gousses au moment de la dessiccation complète de ces dernières permettraient seules de conclure.

Simultanément à la simplification moléculaire, il se produirait une condensation partielle des réserves amylacées, en celluloses facilement hydrolysables.

Cependant l'augmentation des amyloïdes, hémicelluloses et celluloses simples à la fin de la végétation peut s'interprêter encore autrement. D'après la technique suivie dans ces recherches, les chiffres donnés ne se rapportent pas à la masse absolue des polysaccharides énumérés, mais au résultat de leur hydrolyse. Or, l'attaque par les acides est d'autant plus difficile que ces substances correspondent à un degré de condensation plus élevé des sucres simples ; par suite, la faible quantité de monosaccharides provenant de l'hydrolyse des celluloses au moment du maximum d'amidon, tiendrait à ce fait, qu'à l'époque de ce maximum il y a prédominance des celluloses fortement condensées. Dans la suite et surtout sur la fin de l'évolution de la plante, ces sucres complexes de haute condensation subiraient un commencement de désagrégation qui les amènerait à l'état de celluloses facilement hydrolysables, hémicelluloses et amyloïdes dont la simplification moléculaire par les acides est facile à réaliser. Les faits suivants viennent à l'appui de cette hypothèse.

La disparition graduelle de l'amidon indiquant l'influence dominante des diastases d'hydrolyse sur les diastases de synthèse, on conçoit difficilement la prépondérance des ferments hydrolytiques sur une moitié de la série hydrocarbonée et, au contraire, la prédominance des diastases de polymérisation sur l'autre moitié de la série et cela dans les mêmes cellules ; la même loi doit s'appliquer à toute la série des sucres, quel que soit leur degré de condensation.

Les poids secs des résidus d'hydrolyse pourraient donner quelques renseignements à ce sujet, mais leur précision serait toute relative ; le magma ayant résisté aux acides renferme en effet non seulement de la cellulose et des substances d'incrustation des parois cellulaires, mais encore des principes protéiques et minéraux, le tout constituant un mélange complexe, d'où l'extraction de la totalité de la cellulose pure ne me paraît guère possible dans l'état actuel de nos connaissances.

L'augmentation considérable en hydrates de carbone au total dans les gousses, à l'époque qui précède immédiatement le jaunissement, ne peut s'expliquer que par l'afflux des réserves hydrocarbonées de l'appareil végétatif vers le fruit sur la fin de la végétation

### Comparaison des feuilles et des fruits.

On sait que les fruits ne sont autre chose que des feuilles modifiées. Les caractères morphologiques devant être considérés comme étant sous la dépendance étroite et immédiate des conditions physiologiques, il doit en résulter nécessairement une divergence des caractères de nutrition que l'analyse comparative de ces deux sortes d'organe doit mettre en évidence.

Il résulte en effet de la comparaison des analyses ayant porté et sur les feuilles normales et sur les feuilles carpellaires que :

1° Le rapport du poids sec au poids frais est plus élevé pour les feuilles normales que pour les feuilles carpellaires et pour certaines récoltes dans la proportion de 1 à 2 ; il en résulte que les fruits secs (par opposition à fruits charnus) sont plus riches en eau que les organes foliaires de la même plante.

2° La proportion des sucres solubles, et en particulier des dextrines, est beaucoup plus élevée dans le péricarpe des fruits que dans le parenchyme foliaire ; par suite, tandis que dans les feuilles normales, la simplification moléculaire des réserves hydrocarbonées est plutôt faible, elle est au contraire très accentuée dans les feuilles carpellaires. Le taux plus élevé des glucosides dans ces dernières laisse supposer que les tannins sont aussi plus abondants dans les fruits.

On n'insistera pas davantage sur ces caractères de divergence, dont l'étude complète et approfondie a été donnée tout récemment (1). Je me contenterai de faire remarquer que les résultats relatifs aux principes hydrocarbonés sont en parfait accord avec ceux de Molliard (1) et adoptant les conclusions de ce physiologiste, on considérera les ovules comme de véritables parasites ; à l'appui de cette hypothèse on peut invoquer :

---

(1) MOLLIARD. *Comparaison des galles et des fruits au point de vue physiologique* Bull. Soc. bot. de France, Février-Mars 1912, p. 202.

1° L'aspect extérieur d'une gousse de Haricot entr'ouverte montrant les graines accrochées au placenta ; le développement rapide de celles-ci en l'absence de lumière et de chlorophylle.

2° La transformation des folioles de plusieurs espèces de Légumineuses en gousses par différents insectes.

3° La substitution d'un insecte à un ovule dans l'intérieur du carpelle qui provoque le développement normal du fruit.

4° La convergence des caractères de nutrition, mis en évidence par Molliard, entre les galles et les fruits.

*En résumé,* les graines vivraient donc en parasites sur les gousses et se développeraient à leurs dépens.

### Graines.

1° Ce qui frappe tout d'abord dans le résultat des analyses relatives aux graines de la plante considérée, c'est l'absence totale de sucres réducteurs et le taux relativement faible des sucres simples, en particulier du saccharose. Cependant la proportion des composés hydrocarbonés à petite molécule paraît augmenter légèrement au fur et à mesure que la graine approche de la maturité (2).

2° Les glucosides paraissent suivre la même loi de variation ; mais leur proportion est sensiblement plus élevée.

3° L'amidon constitue à lui seul environ le 1/3 du poids sec de la graine. Celle-ci est donc le siège d'une condensation intense des sucres, comme le laissait prévoir l'absence de monosaccharides dans ces mêmes organes. Contrairement à toute attente, le taux d'amidon paraît être au maximum quelques jours avant la maturité complète de la graine. Cette anomalie peut s'expliquer :

---

(1) M. MOLLIARD, *loc. cit.*

(2) Il semblerait, d'après ces résultats, que le saccharose, ou tout au moins les sucres solubles à base de lévulose, seraient seuls admis dans la graine ; on sait en effet que la polymérisation des hydrocarbonés solubles par les cellules vivantes aboutit à un équilibre chimique, dont le déplacement dans le sens de la complication moléculaire, laisse généralement persister des traces des produits polymérisés. Les disaccharides représenteraient donc ici ce résidu de condensation et seraient la base de la synthèse amylacée dans la graine.

*a)* par le développement de l'embryon à cette époque qui consommerait pour son évolution une quantité appréciable des réserves de la graine. Cette dernière, physiologiquement séparée de la gousse par dessiccation du placenta, développe son embryon aux dépens des réserves accumulées dans l'organe ; une faible proportion d'amidon servirait par suite à l'édification du protoplasme de la plantule.

*b)* par une transformation partielle de la substance amylacée en albuminoïdes, en particulier en grains d'aleurone ; l'étude de l'évolution simultanée du carbone et de l'azote permettrait de vérifier cette hypothèse.

*c)* Une partie de l'amidon passerait à l'état de gommes ou de mucilages, et ainsi s'expliquerait la forte proportion de ces substances dans les graines arrivées à leur maturité.

4° Les polysaccharides à poids moléculaire plus élevé que l'amidon se rencontrent en proportion beaucoup plus faible, ce qui montre bien que ces substances représentent des réserves hydrocarbonées d'ordre secondaire pour les graines considérées, les réserves sucrées par excellence étant représentées ici par l'amidon. Les celluloses de réserve paraissent diminuer à l'approche de la maturité de la graine. La remarque, exposée précédemment, sur l'interprétation des variations de ces substances, s'appliquerait ici et il est plus vraisemblable d'admettre, étant donné l'accroissement constant du rapport poids sec/poids frais, que la condensation des celluloses est plus avancée, si bien que l'action des acides est moins efficace qu'au stade qui précède la maturation des graines.

*En résumé*, les graines possèdent au plus haut degré, chez les plantes annuelles, la fonction de réserve comme en témoignent, d'une part, la condensation hydrocarbonée particulièrement intense qui s'exerce dans ces organes et la proportion extrêmement forte d'amidon et en général de polysaccharides de réserve. Or on sait d'autre part que les graines de Légumineuses sont très riches en albuminoïdes ; le même phénomène doit avoir lieu pour les substances protéiques et devient ainsi un phénomène général pour les matières organiques de réserve. Cette fonction est nettement en rapport avec le rôle physiologique de l'organe considéré, dont l'énergie chimique potentielle ainsi accumulée dans les derniers jours de la végétation sous la forme de principes albuminoïdes et sucrés fortement condensés, se manifestera au moment de la germination de la graine.

## Conclusions.

Une plante annuelle à végétation rapide telle que le Haricot nain, est caractérisée, au point de vue de sa nutrition générale, par la série des phases suivantes :

*1^re^ phase.* Pendant la période qui s'écoule depuis les premières feuilles jusqu'à la floraison, les sucres développés par photosynthèse sont utilisés pour le développement de la plante ; cependant, au moment de l'apparition des fleurs, les réserves hydrocarbonées sont en voie de formation.

*2^me^ phase.* La mise en réserve s'accentue dans la phase suivante qui s'étend de la floraison à l'apparition des graines. La formation des réserves est activée et se poursuit même pendant le développement des fruits si bien qu'au moment où la graine est à peine indiquée, tout l'appareil végétatif, y compris les gousses, se trouve gorgé de sucres simples et complexes.

*3^me^ phase.* Le développement de la graine transforme celle-ci en un puissant centre d'attraction pour les principes nutritifs ; il en résulte une migration intense des réserves hydrocarbonées de l'appareil végétatif qui s'épuise peu à peu en ces substances, en commençant par les organes les plus éloignés de la graine. La migration, très active pendant toute la durée du fonctionnement des parenchymes chlorophylliens, se continue pendant le jaunissement des organes verts ; mais, à l'approche de la maturité, ce courant est ralenti par suite de la dessiccation progressive que subissent les différents organes végétaux et en particulier les placentas. Cette dessiccation atteint un degré tel que l'activité des phénomènes osmotiques ne peut plus se manifester (1) et l'émigration s'arrête avant que l'appareil végétatif ait cédé la totalité de ses réserves. Les gousses en particulier restent encore gorgées de sucres solubles et l'analogie est frappante à ce moment, au point de vue purement physiologique, entre les feuilles carpellaires jaunes de Haricot et les feuilles jaunes caduques des arbres.

---

(1) Rywosch. *Zur Stoffwanderung in Chlorophylgewebe.* Bot. Ztg., LXI, pp. 121-129, 1908.

Les conclusions formulées par Molliard, à propos de la physiologie des galles, trouvent leur application ici, et, quant aux conséquences physiologiques, la graine des plantes annuelles peut jusqu'à un certain point être considérée comme un parasite dont le développement est rendu possible par la présence chez l'hôte d'abondantes réserves développées antérieurement.

## CONCLUSIONS GÉNÉRALES

J'ai été amené au cours de ce travail à mettre en évidence un certain nombre de faits nouveaux relatifs à l'évolution des principes hydrocarbonés dans les feuilles des végétaux.

### A. Feuilles caduques.

1° Elles présentent au point de vue de l'évolution des substances sucrées deux phases bien distinctes :

*1^re^ phase : phase de synthèse et de polymérisation.* Elle s'étend du printemps à la fin de l'été. Pendant toute cette période, les parenchymes assimilateurs présentent un enrichissement constant des tissus en principes hydrocarbonés solubles et insolubles. Les feuilles vertes, à la fin de la belle saison, sont riches en toutes les catégories de sucres, mais surtout en formes de réserves, amidon ou amyloïdes suivant les espèces. Mes analyses ont mis en évidence l'importance de chacun des termes de la série hydrocarbonée au cours de cette première phase.

*2^me^ phase : phase d'hydrolyse et de simplification moléculaire.* Elle comprend la période de jaunissement jusqu'à la mort de la feuille. J'ai montré que lorsque l'organe foliaire entre en sénescence, les tissus du limbe sont le siège d'une simplification moléculaire intense, d'une véritable débâcle chimique qui n'intéresse pas seulement la chlorophylle, mais encore toutes les réserves nutritives emmagasinées dans les tissus et en particulier les polysaccharides. Il en résulte une réduction considérable sinon totale des colloïdes hydrocarbonés et une formation corrélative et abondante d'hydrates de carbone à petite molécule.

2° Une partie des sucres simples est entraînée par le courant de sève élaborée et passe dans les parties vivaces du végétal. Ce sont les dernières manifestations de la circulation centripète ; la subérification de la base du pétiole, la réduction de l'activité des échanges osmotiques par abaissement de température et dessiccation progressive des organes végétaux, entraînent l'arrêt de la migration. Il en résulte une accumulation de sucres solubles dans les feuilles jaunes plus riches en hydrates de carbone simples que les feuilles vertes correspondantes.

3° Dans les feuilles tombées, toute la série des composés hydrocarbonés est représentée sauf cependant l'amidon qui peut faire totalement défaut. La prédominance des sucres réducteurs, très accusée au début, s'atténue peu à peu et ainsi se trouve préparée l'action des précipitations atmosphériques, des combustions respiratoires et des bactéries pullulant sur le sol, toutes causes d'épuisement rapide des réserves du parenchyme foliaire.

4° Le développement progressif du système séparateur à la base du pétiole de la feuille étant corrélatif d'une accumulation de sucres solubles dans le limbe, doit être considéré comme une décortication annulaire naturelle de la base de la feuille.

### B. Feuilles persistantes.

J'ai été amené à distinguer dans l'évolution des principes hydrocarbonés de ces feuilles 3 phases successives.

*1re phase.* Du printemps au début de l'été, les sucres solubles sont en décroissance marquée ; c'est l'inverse pour la proportion d'amidon qui va en augmentant rapidement.

*2me phase.* En juin, j'ai montré que la courbe représentative des réserves ternaires subit une chute brusque suivie d'un palier qui persiste jusqu'à la fin de l'automne.

3$^{me}$ *phase.* A l'arrière-saison le même phénomène de digestion des polysaccharides signalé à propos des feuilles caduques, se produit dans les feuilles hivernales. Les sucres simples s'accumulent dans le parenchyme chlorophyllien comme dans les feuilles jaunes qui vont tomber et cette concentration du suc cellulaire favorisée par l'action des basses températures hivernales, est encore augmentée par l'activité affaiblie, mais persistante, de la synthèse chlorophyllienne.

Cette concentration élevée du suc cellulaire en hydrates de carbone solubles tient moins, comme l'indiquent mes analyses, à la proportion des sucres réducteurs, qu'au taux relativement élevé de di- ou trisaccharides à base de lévulose.

D'une façon générale, le maximum en polysaccharides correspond au minimum en sucres simples et réciproquement. Tout se passe comme si les hydrates de carbone en présence étaient en équilibre chimique :

$$\text{sucres simples} \leftrightarrows \text{polysaccharides} + \text{eau}$$

déplacé dans un sens ou dans l'autre suivant les variations des facteurs de l'équilibre, c'est-à-dire, des conditions dans lesquelles la feuille se trouve placée.

Pendant toute la durée de la mauvaise saison, la feuille se déshydrate progressivement.

Les feuilles coriaces sont plus riches en principes hydrocarbonés solubles et insolubles que les jeunes feuilles : à mesure que ces organes vieillissent, ces différences s'atténuent et finissent par disparaître.

### C. Feuilles des plantes annuelles.

Comme pour les feuilles caduques des arbres, j'ai été amené à distinguer deux phases :

1$^{re}$ *phase ou phase de synthèse active.* Depuis la germination jusqu'à l'apparition des graines, la feuille emmagasine des sucres simples et complexes dont les taux s'élèvent parallèlement. Ces réserves sont purement transitoires.

2$^{me}$ *phase ou phase de simplification moléculaire.* Le développement des graines entraîne la migration des réserves accumulées dans les feuilles vertes ; ces dernières présentent le phénomène de sénescence avec simplification moléculaire du contenu cellulaire, chlorophylle et réserves ; les produits de cette digestion, et en particulier les sucres simples, émigrent vers les fruits, si bien qu'à la fin de la végétation, les feuilles jaunes ne contiennent plus qu'une fraction toujours assez élevée des composés hydrocarbonés solubles et des traces seulement de polysaccharides de réserve. *A aucun moment je n'ai constaté dans les feuilles jaunes des plantes annuelles l'afflux de sucres à petite molécule, caractéristique des feuilles des arbres.*

3° Les feuilles tombées ou desséchées renferment toujours une fraction importante de principes hydrocarbonés pouvant s'élever jusqu'au 1/5 du poids sec.

### D. Feuilles carpellaires.

Elles se comportent absolument comme les feuilles caduques des arbres.

*1^re^ phase ou phase de synthèse active.* Depuis leur formation jusqu'au moment où la graine est à peine indiquée, les feuilles carpellaires sont le siège de synthèse et de condensation intense des hydrates de carbone ; il en résulte un important dépôt de réserves sucrées dans ces organes avec prédominance de l'amidon.

*2^me^ phase ou phase de simplification moléculaire.* Dès que la graine commence à évoluer, j'ai montré que l'équilibre établi pendant la phase précédente est rompu en faveur de l'hydrolyse ; les réserves ternaires du péricarpe subissent une digestion rapide et cette simplification moléculaire aboutit à une abondante production de sucres solubles réducteurs et non réducteurs.

1° Les hydrates de carbone à petite molécule passent dans la graine pour son développement qui est ainsi assuré non seulement par les réserves accumulées dans le péricarpe du fruit, mais encore par l'afflux des principes nutritifs venant de l'appareil végétatif.

2° A la maturité des graines une fraction importante des composés amylacés persiste dans les fruits ; et les feuilles carpellaires jaunes, tout comme les feuilles caduques de même coloration des arbres, restent gorgées de sucres solubles ; de plus elles offrent une teneur beaucoup plus élevée en hydrates de carbone à petite molécule, en amyloïdes, hémicelluloses et celluloses de réserve, que les fruits verts correspondants.

### E. Evolution hydrocarbonée d'une plante annuelle.

L'ensemble de l'appareil végétatif des plantes dont le cycle d'évolution n'intéresse qu'une fraction de l'année, présente dans sa composition ternaire des variations de même sens dans le taux des hydrates de carbone, que les feuilles considérées à part.

Jusqu'au moment de l'apparition de la graine, synthèse et condensation chimiques prédominent. Racine, tige et feuilles se saturent de sucres simples, se gorgent de complexes hydrocarbonés. C'est la phase de synthèse active et de polymérisation.

Avec le développement des graines, apparaît dans l'appareil végétatif le régime de simplification moléculaire ; les complexes hydrocarbonés se désagrègent, émigrent sous des formes solubles vers les organes conservateurs de l'espèce où ils se condensent ; mais cette migration est limitée et, à la fin de la végétation, racines, tiges et feuilles renferment dans leurs tissus des quantités de principes hydrocarbonés qui sont loin d'être négligeables.

# NOTES BIBLIOGRAPHIQUES

ARBER Agnes, D. Sc., F. L. S. — **The phyllode theory of the monocotyledonous leaf with special reference to anatomical evidence.** *(Ann. of Botany*, vol. XXXII. N° CXXVIII. October 1918).

Ce mémoire comprend deux parties. Dans la première, l'auteur expose les diverses interprétations de la feuille des Monocotylédones au point de vue morphologique. Pour l'auteur, les feuilles de Monocotylédones dépourvues de limbe correspondent à la base des feuilles des Dicotylédones. En ce qui concerne les feuilles des Monocotylédones pourvues de limbe, l'auteur admet la théorie de Henslow qui considère le limbe foliaire de ces plantes, comme une expansion de la région apicale du pétiole. D'après ces deux auteurs, un pareil limbe ne serait qu'un « pseudo-limbe. » Cette théorie expliquerait la nervation des feuilles des Monocotylédones et serait d'accord avec l'hypothèse de Miss Sargant. On sait que cet auteur considère les Monocotylédones comme dérivant des Dicotylédones par fusion de deux cotylédons ancestraux en un seul cotylédon. Miss Arber modifie cette manière de voir et pense que le cotylédon unique des Monocotylédones correspondrait aux bases des pétioles soudés des feuilles cotylédonaires des Dicotylédones.

Dans la deuxième partie du mémoire, l'auteur démontre la nature phyllodique des feuilles des Monocotylédones au point de vue anatomique. Elle constate la présence de faisceaux orientés inversement dans les feuilles de diverses familles de cet embranchement et étudie spécialement la famille des Pontédériacées. C'est surtout dans le groupe des Liliiflores et notamment chez les Liliacées que l'on trouve la plus large distribution des feuilles-phyllodes. L'auteur arrive à la conclusion que les groupes tels que les Hélobiées et les Liliiflores, dont les feuillés possèdent la structure phyllodique, sont les groupes les plus anciens parmi les Monocotylédones se reliant aux Ranales parmi les Dicotylédones. Les autres familles dont les feuilles ne présentent pas ce caractère sont, d'après cet auteur, les plus récentes et hautement modifiées.

Mme V. C. GATIN

H. HASSELBRING and L.-A. HAWKINS. — **Respiration experiments with sweet potatoes.** *(Journal of Agricultural Research, Dept. of Agric. Washington. D. C.*, vol. V, n° 12, Déc. 20, 1915).

On sait que l'énergie respiratoire des organes végétaux est, en général, fonction de leur teneur en hydrates de carbone. D'autre part, le taux des sucres, dans la Patate douce (*Ipomœa batatas*), est sujet à d'importantes variations suivant les saisons et en particulier pendant l'emmagasinage.

Partant de ces données, l'auteur s'est proposé d'établir les relations qui existent entre les changements saisonniers du contenu sucré des tubercules d'*Ipomœa* et l'activité respiratoire de ces mêmes organes, puis, si possible, de déterminer lequel des principes hydrocarbonés est utilisé par la respiration.

Il résulte de ces expériences qu'il n'y a pas de relation entre le contenu *total* en sucres et l'activité respiratoire ; mais il n'en est plus de même si on considère les seuls sucres réducteurs. Dans ce cas, le parallélisme est évident, quoique la corrélation certaine ait une tendance marquée à être dissimulée par les variations des conditions de milieu dans lesquelles les organes végétaux sont placés.

Les sucres réducteurs seraient les substances de choix pour la fonction respiratoire.

Le saccharose, au contraire, est relativement stable dans la Patate douce et ne semble pas devoir être utilisé immédiatement dans le processus respiratoire, tant que l'amidon et les autres hydrates de carbone sont abondamment représentés dans les organes considérés.

E. Michel-Durand

D. H. Scott. **Notes on *Calamopitys* Unger.** *Journal Linnean Soc. London, Botany*, vol. XLIV., Sept. 1918, p. 206-232; pl. VI-VIII.

Le genre *Calamopitys* a été fondé par Unger, en 1856, sur des échantillons à structure conservée provenant de Saalfeld en Thuringe. L'étude en fut reprise par le comte de Solms-Laubach, qui fit connaître les affinités réelles de ces plantes fossiles (1896). Le genre *Calamopitys* fait partie des Cycadofilicinées ; il est représenté par cinq espèces trouvées dans le Carbonifère inférieur ou le Dévonien supérieur de Thuringe, Silésie, Ecosse, Angleterre et Amérique.

Dans une première partie de sa note, l'auteur confirme, d'après l'examen de nouvelles coupes, les résultats de ses études antérieures sur la course de la trace foliaire chez *Calamopitys americana* Scott et Jeffrey (1). Les traces foliaires se divisent bien en deux à travers la zone de bois secondaire.

Une deuxième partie plus étendue comprend :

1° La révision des diverses espèces : *C. annularis* (Unger) Solms, *C. Saturni* Unger, *C. americana* Scott et Jeffrey, *C. fascicularis* Scott, *C. Beinertiana* (Goeppert) Scott.

*C. annularis* présente une zone de bois primaire presque continue. Les faisceaux de bois primaire sont *mésarches*, mais à protoxylème excentrique :

---

(1) Scott and Jeffrey. On fossil plants, schowing structure, from the base of the Waverley shale of Kentucky. (*Phil. Trans. Roy. Soc.* B. vol. 205, p. 315. 1914.)

le bois centrifuge est réduit ; il y a des trachéides médullaires ; chaque faisceau foliaire est entouré de bois secondaire. Dans *C. Saturni* les faisceaux de bois primaire sont du type mésarche, mais le protoxylème est au milieu du faisceau ; il n'y a pas de zone continue de bois primaire, mais des faisceaux séparés. *C. annularis*, *C. americana* et *C. Saturni* sont rangés dans un premier groupe à faisceaux de bois primaire mésarches et de même dimension. Un second groupe est caractérisé par l'inégalité des faisceaux, les plus grands étant mésarches, les autres endarches, c'est-à-dire à protoxylème interne, à bois centripète réduit. De plus les rayons médullaires sont plurisériés chez les *Calamopitys* du premier groupe et unisériés dans le second groupe qui comprend deux espèces : *C. fascicularis* et *C. Beinertiana*, pour lesquelles M. Zalessky a créé le genre *Eristophyton*.

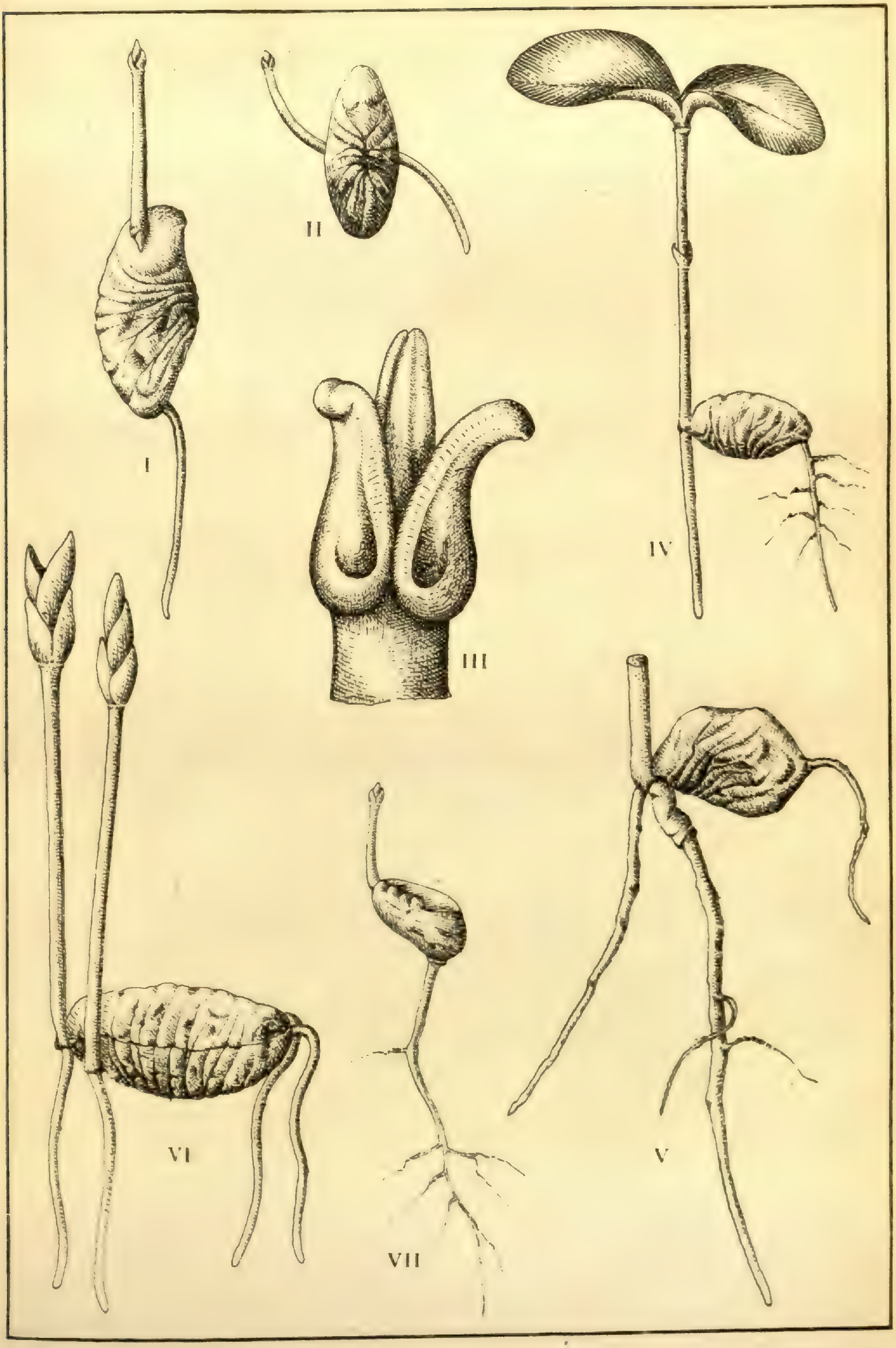
2° Le bien fondé de l'existence de ce nouveau genre est discuté. Les cinq espèces en question sont maintenues par Scott dans le genre *Calamopitys* et forment une série naturelle ; les deux espèces classées par Zalessky dans son genre *Eristophyton* se distinguent par leur bois secondaire plus compact, à rayons médullaires unisériés, et par la tendance marquée à la disparition du bois centripète dans les faisceaux vasculaires primaires : M. Scott insiste sur ce dernier caractère. Cependant, aussi longtemps que la structure des bases foliaires demeure inconnue pour *C. fascicularis* et *C. Beinertiana*, il ne voit pas la nécessité du genre *Eristophyton*.

3° L'auteur compare les *Calamopitys* avec les Cycadofilicinées et les autres groupes de Gymnospermes paléozoïques. Parmi les Cycadofilicinées, c'est surtout avec les Lyginoptéridées que les *Calamopitys* présentent le plus d'affinité par l'intermédiaire du genre *Heterangium*. Les *Calamopitys* rangés par M. Scott dans son second groupement et par M. Zalessky dans le genre *Eristophyton*, marquent une avance vers les *Gymnospermes*, en particulier vers les Cordaitales.

A. CARPENTIER.

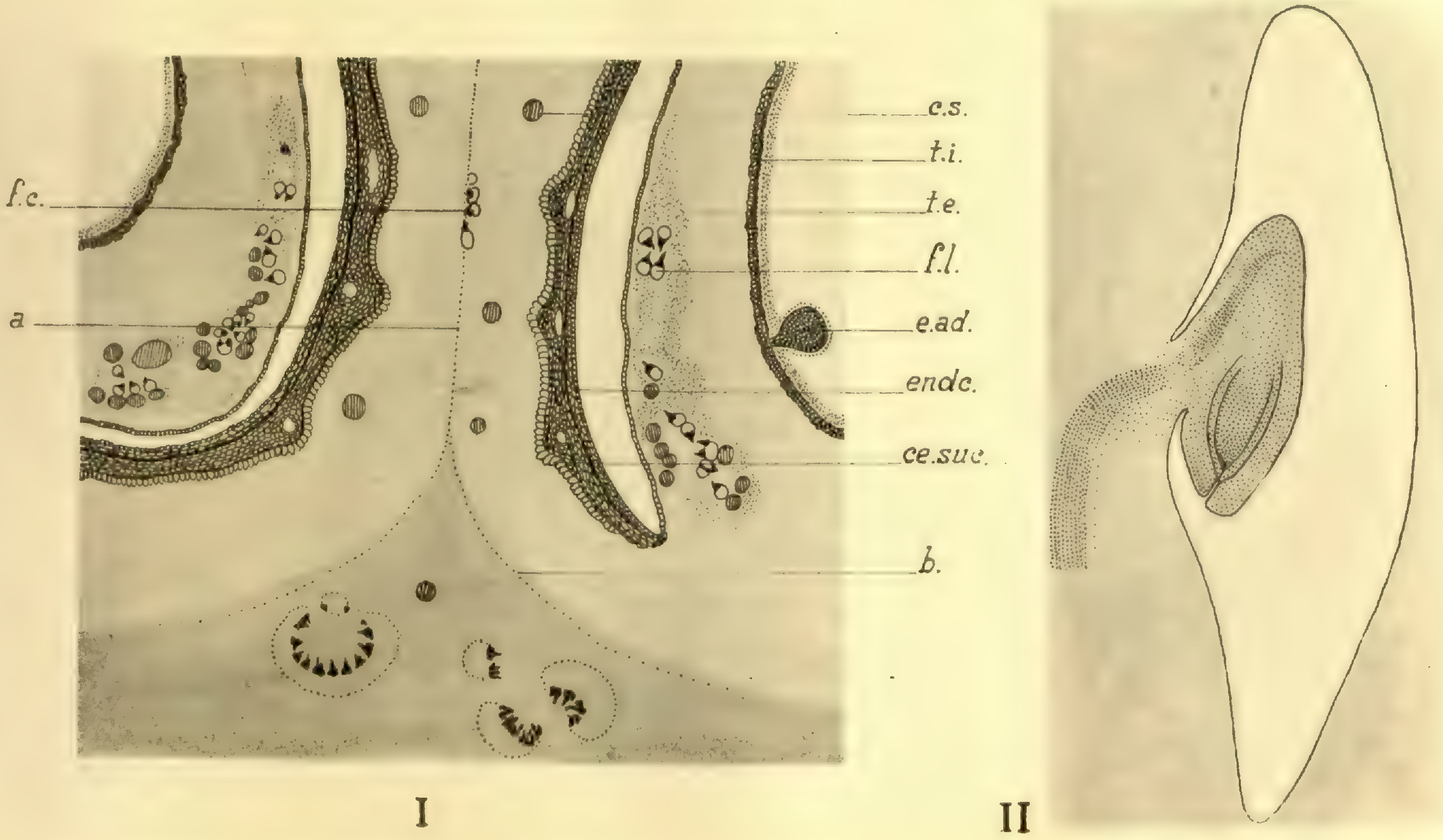
---

Nemours. — Imp. Henri BOULOY *Le Gérant :* Henri BOULOY.


I
II
III
IV
V
VI
VII

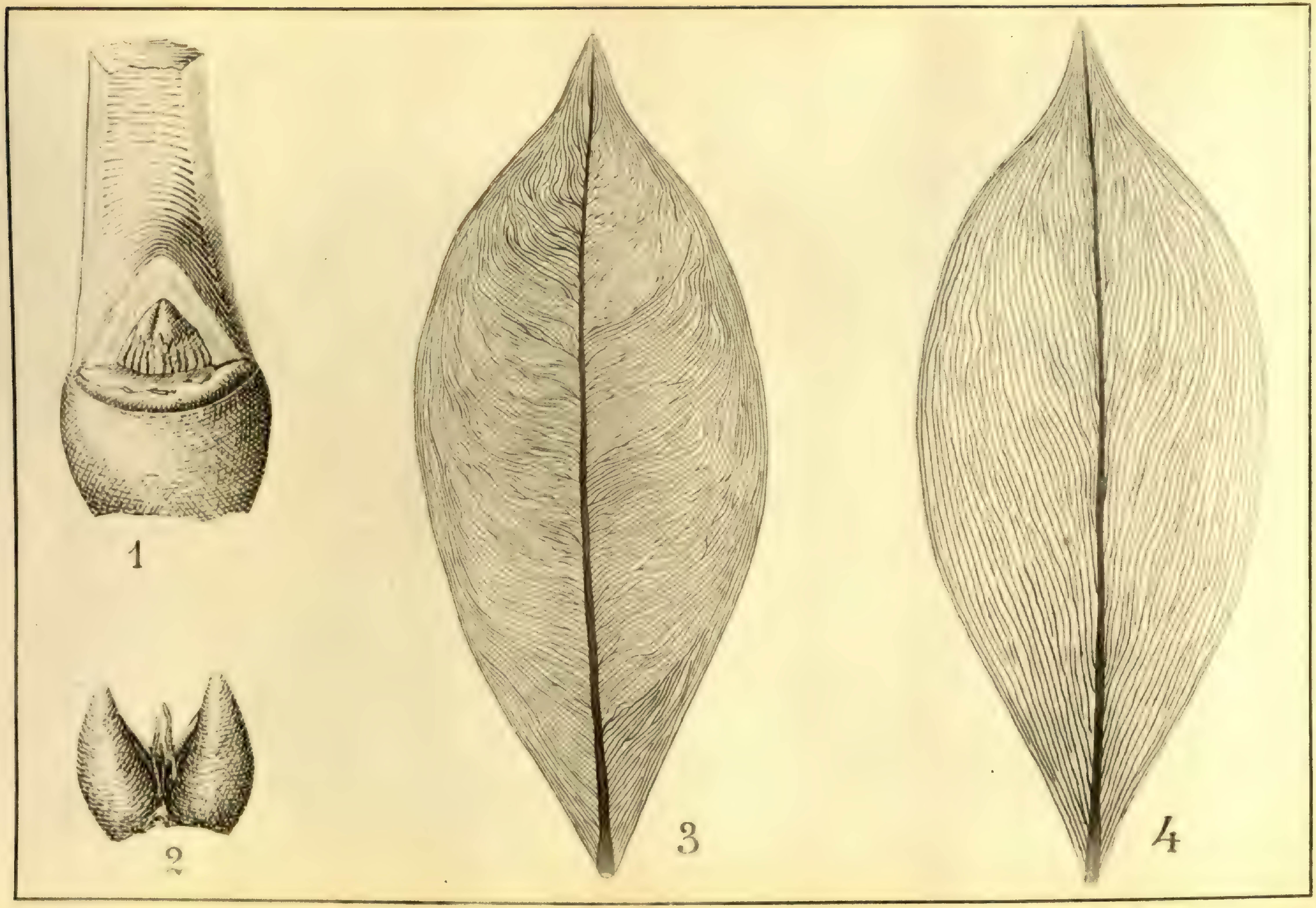
Sprecher, del Le Deley, imp.

*Germination du Garcinia Mangostana L.*


f.c.
a
c.s.
t.i.
t.e.
f.l.
e.ad.
endc.
ce.suc.
b.
I
II

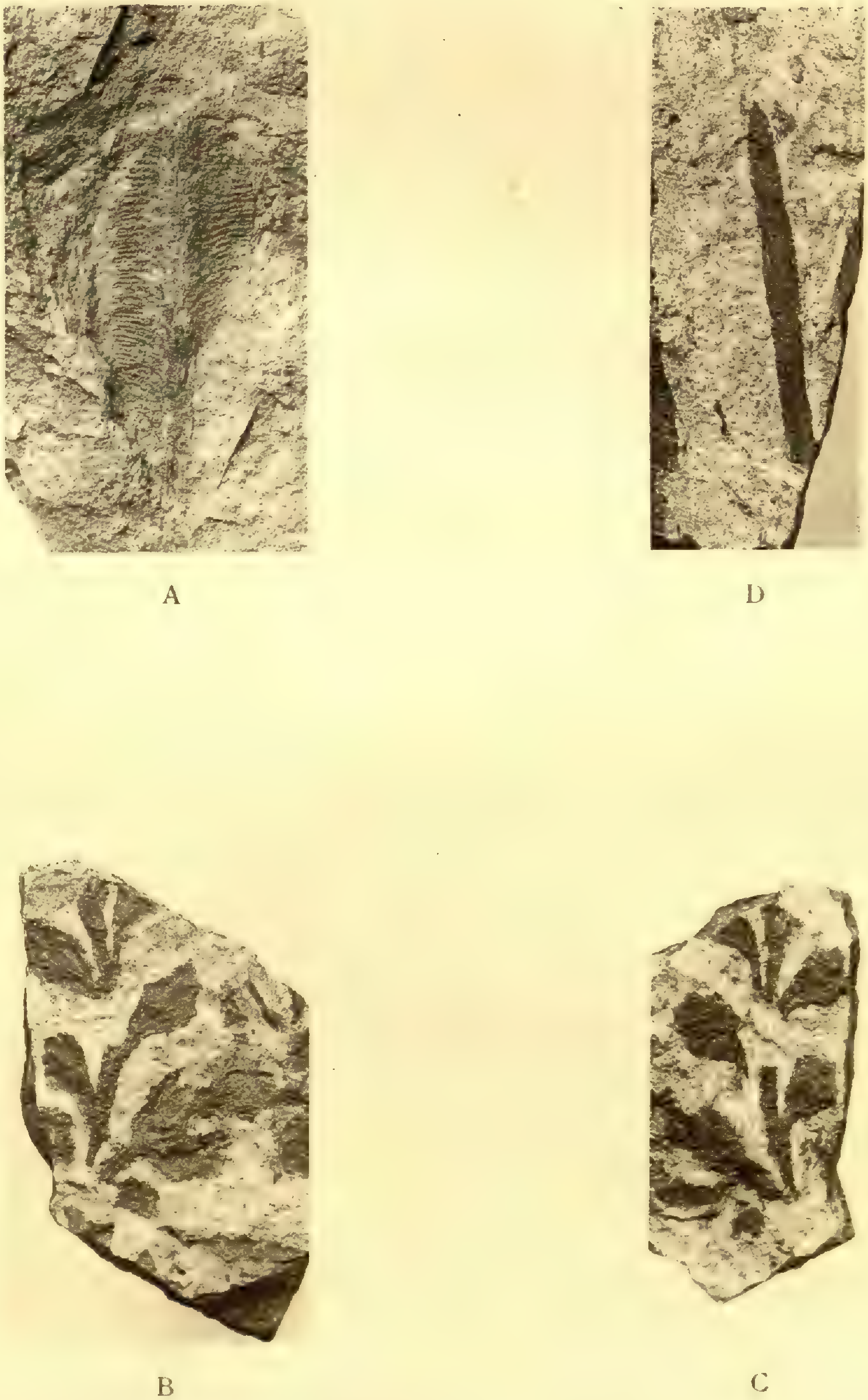
Sprecher, del.
Le Deley, imp.

*Ovaire de* Garcinia Mangostana *L.*



Sprecher, del. Le Deley, imp.

*Tige et feuille de* Garcinia Mangostana *L.*



Guillaumin, phot. Le Deley, imp.

*Végétaux du Permo-Trias néo-calédonien*

# DEUX HÉPATIQUES PEU CONNUES

par MM. **Ch. DOUIN** et **L. TRABUT**

---

## I. *CORBIERELLA* (1) *ALGERIENSIS* D. et Trab.

### 1° Caractères essentiels du g. *Corbierella*.

Capitulum *subsessile*, disciforme, basi hemispherica, superiore parte paululum rotundatum, stomatibus *simplicibus* et paulum eminentibus et *sine cavernis piliferis discriminatis* ; — Vulgo 2 involucra (interdum unum) *erecta cum 1-2 sporogoniis* ; — radiculæ numerosæ *sparsim, nascentes in basi capituli* ; — capsula cum fibris in parietibus et dehiscentià valvatà ; — andrœcia elongata in medio et longitudinali thalli. Thallus *cum cavernis altissimis et conicis* ; — stomata frondis *simplicia* paulum discriminata ; — *filamenta* cavernarum numerosa, 3-6 cellulas longa, non opuntiacis.

### 2° Description du *Corbierella algeriensis* D. et T.

Thalle simple ou bifurqué, atteignant jusqu'à 25-30 mm. de long sur 3 mm. de large, d'un vert blanchâtre, produisant à son extrémité et sous sa nervure à la fin de la saison humide des bulbilles souterrains. Chambres aérifères au nombre de 5 à 8 (ordinairement 6) en travers du thalle, nettement délimitées par des parois plus ou moins perpendiculaires, montrant à leur partie supérieure de fortes saillies coniques terminées par un stomate simple à contour cellulaire mal différencié ; à l'intérieur de ces chambres se trouvent de nombreux filaments chlorophylleux parallèles formés par une file de 3-6 cellules. Nervure ou partie inférieure du thalle de forme plus ou

---

[1] Nov. gen. dédié à notre ami L. Corbière dont les recherches botaniques et surtout bryologiques ont tant contribué à faire connaître notre flore française.

moins triangulaire (en coupe transversale), formée de cellules renfermant des matériaux de réserve (1) et plus ou moins caverneuse dans les deux tiers supérieurs. Sous le thalle se voient les 2 sortes de poils absorbants des Marchantiées et 2 rangées latérales d'écailles triangulaires-lancéolées, dentées, ayant çà et là un appendice filiforme plus ou moins long.

Plante dioïque.

Thalle ♀ terminé par l'appareil fructifère de la base duquel naît généralement une pousse subflorale qui se transforme, à l'approche de la saison sèche, en un bulbe souterrain.

Thalle ♂ ordinairement un peu plus petit que le thalle ♀ portant l'andrœcie sur la partie médiane et longitudinale de sa base : andrœcie assez bien différenciée entre les chambres aérifères de la partie stérile du thalle qui lui forment une sorte d'involucre protecteur ; anthéridies sur plusieurs rangées, de plus en plus jeunes en allant vers le sommet du thalle ; involucres anthéridifères terminés par de petits ostioles saillants.

Capitule presque sessile, n'ayant qu'un pédoncule très réduit, en forme de disque plus ou moins hémisphérique à sa base avec une partie supérieure légèrement arrondie, dépourvu d'écailles protectrices et plus ou moins enfoui entre les chambres aérifères du thalle stérile.

Sous la partie inférieure avoisinant le rudiment pédonculaire se voient disséminés de nombreux poils absorbants qui vont regagner le sol par le sinus du thalle portant le capitule et de chaque côté de la pousse subflorale lorsqu'elle existe.

Le capitule contient généralement 2 involucres (parfois un seul par apogynie) plus ou moins dressés ; entre eux se trouvent des chambres aérifères peu saillantes avec stomates et filaments chlorophylleux comme ceux du thalle stérile. A l'intérieur de chaque involucre se voient 1 à 3 archégones stériles et 1 ou 2 sporogones développés et complets : racine plus ou moins globuleuse, pédicelle bien distinct et capsule à peu près sphérique ; les parois de cette dernière sont formées d'une seule couche de cellules avec fibres épaissies intérieurement, sauf au sommet où se voient 2-3 couches de cellules formant une ébauche d'opercule. Les fibres épaissies, surtout à la face interne, indiquent une capsule s'ouvrant par des valves. Il n'est pas douteux, bien que nous ne l'ayons pas constaté, que la capsule sort de l'involucre rétréci dans sa partie supérieure en écartant et déchirant plus ou moins ses parois. Spores grosses (100-140 μ) finement verruqueuses et à alvéoles (4 en travers) peu nettes à la surface, entremêlées d'élatères assez courts et *n'ayant qu'une seule fibre spiralée* (70-75 μ × 15-20 μ).

---

(1) BATTANDIER et L. TRABUT. Atlas de la flore d'Algérie, 3ᵉ et 4ᵉ fascicules, pl. 47 et pp. 58 et 59.

Localité : Algérie, Tiaret (leg. Trabut). Vallon de Takdempt à Gertonfa (C. en larges plaques).

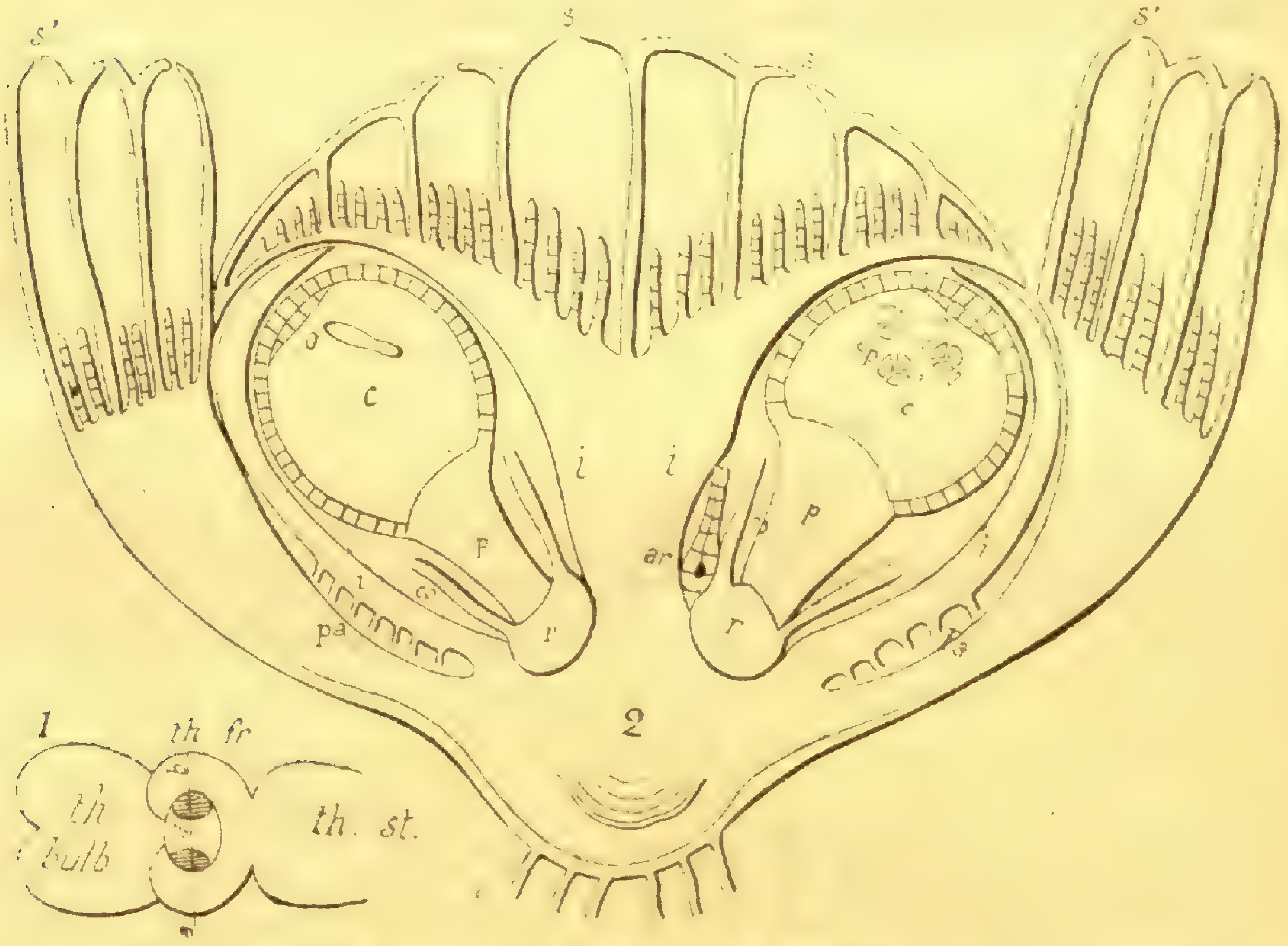


Figure 1. — *Corbierella algeriensis*.

1. Thalle du *C. algeriensis* schématisé, montrant le thalle stérile *th. st.*, le thalle fructifère *th. fr.* issu du précédent, et la pousse subflorale et bulbifère *th. bulb.* Grossissement : 4-5 diam.
2. Coupe transversale et schématisée de la fructification faite suivant *a b* fig. 1 : *pa*, poils absorbants situés sous le disque ♀ ; *co*, coiffe ; *r*, *p*, *c* et *o*, racine, pédicelle, capsule et opercule du sporogone ; *sp*, spores ; *s*, *s*, stomates du capitule fructifère ; *s'*, *s'*, stomates de la partie stérile et voisine du thalle ; *i*, *i*, involucres ; *ar*, archégone. Grossissement : 40 diam. environ.

### 3° Observations diverses sur le *C. algeriensis*.

Cette plante, grâce à ses archégones groupés, serait, d'après les idées de Leitgeb et de ses disciples, une Composítée et appartiendrait ainsi aux Marchantiées supérieures. C'est sûrement une espèce aussi curieuse qu'instructive et en même temps très distincte de toutes les autres Marchantiées par la forme du capitule, le pédoncule rudimentaire, les involucres dressés et surtout les poils absorbants non localisés dans des cavités spéciales et disséminés sous la partie du capitule avoisinant le pédoncule. Ces derniers caractères en font une Marchantiée très inférieure, et, en réalité, *la dernière de toutes les Marchantiées* indiscutablement. Ceci montre la valeur de l'absurde classification de Leitgeb.

La plante de Tiaret et l'*Exormotheca Holstii* Steph. n'ont été placés dans le genre *Exormotheca* qu'en raison des chambres aérifères fortement saillantes du thalle ; mais, en général, le caractère des stomates dépasse le genre, comme le prouvent les stomates en tonnelet des *Marchantia*, *Bucegia* et *Preissia*, les stomates simples et légèrement coniques des *Fegatella*, *Lunularia*, etc.

Le capitule subsessile du *Corbierella* est enfoui entre les chambres aérifères voisines, ce qui le dispense de tout autre organe de protection. Il représente le premier degré dans les tentatives qu'ont faites les Marchantiées pour éloigner leurs fructifications du support terrestre.

Le second degré nous est donné par l'*Exormotheca pustulosa* Mitt. qui n'est pas fort éloigné du précédent. En effet, l'*E. pustulosa* a conservé de son passé les chambres aérifères, les stomates, les involucres et sporogones dressés, les poils absorbants disséminés sous la partie inférieure du capitule qui avoisine le pédoncule, tous caractères que nous avons vus chez le *Corbierella* ; mais l'élongation du pédoncule a obligé la plante à protéger ses poils absorbants contre la sécheresse. Pour cela, elle a recourbé les bords de son thalle-pédoncule et invaginé plus ou moins son capitule autour du sommet pédonculaire. Il en est résulté une première différenciation, une cavité pilifère assez mal protégée il est vrai d'où naissent les poils absorbants qui vont regagner le sillon ou se mettre en contact avec ceux qui le parcourent.

Dans les deux plantes précédentes, les stomates du capitule restent simples comme ceux du thalle stérile, tandis qu'ils sont composés chez les autres Marchantiées qui en possèdent. En outre, ces deux plantes possèdent toutes deux la propriété de développer des bulbes souterrains. Dans les localités possédant 2 climats bien tranchés, c'est un moyen pour de nombreuses Hépatiques (*Anthoceros dichotomus*, *Corsinia*, *Riccia Bischoffi* fide Casarès Gil), etc., de passer la saison sèche sans disparaître. Au retour de la saison humide, le bulbe développe un nouveau sommet végétatif et donne un nouveau thalle semblable à celui dont il est issu.

Dans son *Species hepaticarum* (1), Stephani décrit 6 espèces dans le g. *Exormotheca ;* mais il n'y en a que 2 dont les descriptions soient suffisantes pour faire l'objet d'une discussion sérieuse : c'est l'*E. pustulosa* Mitt. et l'*E. Holstii* Steph. Le second appartient sûrement au g. *Corbierella* si toutefois ce n'est pas la même espèce que le *C. algeriensis.* En ce qui concerne les autres, il n'est guère possible d'avoir une opinion sûre.

Quant à la plante de Vendas (Portugal), est-ce la même plante qu'à Tiaret ? — Sans la fructification, il est impossible de se prononcer. Dans le cas de l'affirmative, le *C. algeriensis* devrait s'appeler *Corbierella Welwitschii* (Steph.)

Du Portugal (Caldas de Monchique, Algave, Portugal, leg. Nicholson), nous avons vu c. fl. et cap. juv. une plante monoïque qui est sûrement l'*E. pustulosa* et que nous avons cultivée pendant une année environ. La plante a bien donné des fl. ♂ et ♀, mais a refusé de fructifier. La plante de l'île d'Ischia (près Amalfi), récoltée, cultivée, figurée et décrite par Gœbel (1) est encore incertaine ; si elle n'a sûrement produit que des anthéridies, comme l'affirme Gœbel, elle doit appartenir au *C. algeriensis* très probablement ; dans le cas contraire, ce serait l'*E. pustulosa* auquel paraît se rallier le botaniste désigné, tout en n'étant pas très affirmatif : « *Exormotheca pustulosa (oder eine ihr in den vegetativen Merkmalen ausserordentlich nahestehenden Form)* wächst in Süditalien. » Sa fig. 3, p. 247, est identique à la fig. 9 de Trabut.

Dans l'incertitude, nous avons cru devoir donner un nom spécial à la plante fertile de Tiaret que nous avons pu étudier complètement.

Quoi qu'il en soit, dans le g. *Exormotheca* des auteurs, il y a deux formes très distinctes dont nous avons fait les *Exormotheca* et *Corbierella* et que différencient les caractères distinctifs ci-dessous :

---

(1) F. Stephani. Sp. hep., Vol. I, pp. 144-147 et Vol. VI, p. 18.

(1) Gœbel, in *Flora oder Allg. bot. Zeitung Ergänzungsband* 1905, Heft I, pp. 244-250.

| **Exormotheca** Douin et Trabut emend. | **Corbierella** nov. gen. |
|---|---|
| Capitule *pédonculé, invaginé à sa base,* autour du sommet du pédoncule, ce qui forme une cavité pilifère plus ou moins différenciée d'où naissent les poils absorbants qui se rendent vers le sillon pédonculaire soit pour y entrer, soit pour se mettre en contact avec ceux qui le parcourent. | Capitule *presque sessile, sans cavité pilifère spécialisée ;* poils absorbants naissant çà et là à sa partie inférieure pour regagner directement le sol par le sinus terminal et de chaque côté de la pousse subflorale lorsqu'elle existe. |
| Elatères plus ou moins *longs* à *2-3 fibres* spiralées. | Elatères *courts* à *une seule* fibre spiralée. |

## II. *RICCINIA* (Trab.) *PERENNIS* (St.)

### 1° Caractères essentiels du g. *Riccinia* (1).

Thallus *cum cavernis aeriferis et stomatibus simplicibus haud obsoletis ;* — archegonia et antheridia *singula* et plus minusve distantia in parte media et longitudinali frondis ; antheridia obruta in textu lacunoso ; archegonia *libera in fundo involucelli per cavernas aeriferas formati ;* — ostiolum involucri masculi *per squamulas rudimentarias cinctum.*

### 2° Description du *Riccinia perennis.*

Plante dioïque connue seulement avec fleurs.

Thalle vert pâle, se ramifiant par bifurcations régulières successives et pouvant atteindre jusqu'à 10-15 mm. de long sur 1 1/2-2 mm. de large, de 3 à 6 fois plus large qu'épais, sillonné au sommet quand la plante veut produire des archégones et des anthéridies, formé par une nervure (partie solide) surmontée de chambres aérifères qui la dépassent largement de chaque côté (ailes). Chambres aérifères presque longitudinales et très étroites (3-4 fois plus longues que larges) sur la ligne médiane, ensuite obliques et de plus en plus larges, et enfin presque transversales et aussi longues que larges sur les bords. Stomates nets, ne se détruisant pas avec l'âge, généralement limités par 5 cellules peu différentes des autres. Au sommet du thalle, par la sécheresse, les 2 extrémités des ailes ou lobes se replient dorsalement pour protéger les archégones et les anthéridies naissants ; et les écailles, naissant une à une, enveloppent le sommet végétatif comme un capuchon. L'allongement du thalle a pour résultat de déchirer les écailles et d'en rejeter les débris latéralement le plus souvent, ce qui donne 2 rangées d'écailles latérales et parfois des débris intermédiaires qui ne persistent que peu de temps. Poils absorbants de 2 sortes, lisses ou papilleux à l'intérieur. A la fin de la saison humide, la nervure du thalle développe pardessous et à son extrémité de petits bulbilles qui passent la saison sèche à l'état de vie ralentie.

---

(1) L. Trabut. (*Bulletin Soc. Hist. nat. Afrique du Nord*, mars 1916).

Sur le thalle ♀, les archégones se trouvent à la base d'un sillon plus ou moins long ; plus tard, quand naît un nouvel archégone, le sillon se remplit par la formation de chambres aérifères étroites, sauf autour de l'archégone qui n'est pas enfoui dans le thalle mais reste isolé au fond d'une petite cavité, d'un petit involucre thallin formé par les chambres aérifères voisines.

Sur le thalle ♂, les anthéridies naissent de la même façon, mais elles sont vite complètement enfouies dans le tissu comme cela a lieu chez les *Riccia*, et le thalle forme autour de chacune d'elles une large saillie au milieu de laquelle se dresse plus ou moins longuement proéminent l'ostiole de l'involucre anthéridifère ; ce dernier est lui-même entouré par de petites écailles généralement bicellulaires formant un deuxième involucre rudimentaire.

Localité : Algérie, bord des mares ombragées de la Forêt de la Réghaia aux environs d'Alger (Trabut) ; Italie, Terrossa près Vérone (R. Douin).

### 3° Observations diverses.

Où doit-on ranger cette plante ? — Les écailles naissant une à une au sommet du thalle et se déchirant ensuite plus ou moins irrégulièrement pour former 2 rangées d'écailles latérales, constitue un caractère essentiel des *Riccia* pourvus de lamelles. Les chambres aérifères nettes avec stomates sont le caractère fondamental des *Ricciella* : c'est pourquoi Stephani en a fait le *Riccia* (subg. *Ricciella*) *perennis* St. (I, p. 47). Le nom spécifique de *perennis* rappelle la persistance indéfinie de la plante grâce à ses bulbilles souterrains. Les archégones posés sur la nervure au fond d'une cavité formée par les chambres aérifères est le caractère le plus important du g. *Corsinia*. En outre, cette plante possède quelques caractères spéciaux : les archégones et anthéridies sont isolés et assez régulièrement espacés sur la ligne médiane et longitudinale du thalle, et les involucres anthéridifères sont entourés d'un petit involucelle ; c'est ce qui nous a décidés à en faire le g. *Riccinia*, intermédiaire entre les Ricciacées et les Marchantiacées, mais à grouper avec la première de ces 2 familles.

Maintenant, quelle est la fructification ? — Cultivée plusieurs années de suite à Chartres, les pieds ♂ intimement mélangés aux pieds ♀, la plante a refusé de fructifier bien que régulièrement arrosée au pulvérisateur au moment de la maturité des anthéridies. Possède-t-elle le sporogone et la coiffe accrescente du *Corsinia* ? — C'est fort probable. Si oui, le *Riccinia* serait un excellent genre. De nouvelles découvertes seules pourront confirmer ou infirmer nos pronostics.

## EXPLICATION DE LA PLANCHE 9

1. — Bulbille donnant un nouveau thalle en voie de bifurcation.

2. — Thalle ♀ avec 3 archégones.

3, 4 et 5. — Thalles ♂ ; le dernier à bifurcations irrégulières, ce qui montre 2 anthéridies côte à côte (dans une coupe suivant *ab*).

6. — Thalle, avec chambres aérifères et stomates, vu en dessus : on y voit au sommet les 2 ailes repliées sur le sommet végétatif.

7. — Thalle vu en dessous, les poils absorbants étant enlevés et montrant les écailles.

8. — Coupe longitudinale du thalle ♀ montrant un archégone sur la nervure entre les chambres aérifères voisines.

9. — Coupe longitudinale du thalle ♂ montrant les anthéridies et leurs involucres.

10. — Ostiole anthéridifère et involucelle.

11. — Stomate et cellules stomatiques vus en dessus.

12 et 13. — Thalles avec bulbilles.

Grossissement : fig. 1 à 5 (3 : 1) ; fig. 6, 7 et 9 (15 : 1 environ); fig. 8 (30 : 1) fig. 10 et 11 (100 : 1).

# RECHERCHES ANATOMIQUES

SUR LES

# VARIATIONS DU *PARIS QUADRIFOLIA* L.

par Mme Valentine-Charles GATIN

---

## A. INTRODUCTION

Le *Paris quadrifolia* L., (vulg. Parisette, Herbe à Paris ou Raisin de renard) appartient à la famille des Liliacées et à la sous-famille des Asparaginées.

Kunth (1) établit la tribu des Paridées dans laquelle il range les *Paris* et les *Trillium*. Plus tard, les botanistes trouvant que cette tribu était très rapprochée de celle des Convallariées réunirent ces deux tribus en une seule.

Toutefois Endlicher conserva la tribu des Paridées et enfin Engler (2) établit le groupe des Asparagoïdées-Paridées où les *Paris* se trouvent placés.

La Parisette est une plante vivace. Son rhizome, monopodique, d'après Hua (3) et Dutailly (4 et 5) donne pendant quelques années d'abord des feuilles et plus tard des hampes. Au début naissent des hampes à 2, plus souvent à 3 feuilles et ce n'est que « bien des années après » que le rhizome donne des tiges florifères générale ment à 4 feuilles. Elles naissent sur le rhizome à l'aisselle des écailles, mais chaque année une seule hampe arrive à son complet développement, tandis que les autres quoique parfaitement ébauchées avortent en bas âge. Les hampes peuvent atteindre une hauteur variant entre 15 et 40 centimètres. Dans leur tiers supérieur elles portent un verticille de feuilles, qui dans la grande majorité des cas sont au nombre de 4, comme l'ont montré les statistiques de Magnin (1), Vogler (2) et P. Stark (3).

---

(1) KUNTH. Act. de Berol., 1842, p. 37.

(2) ENGLER. Die Natürl. Pflanz., 6 lief, p. 83.

(3) HUA. Le rhizome de *Paris quadrifolia* est-il sympodique ou monopodique ? *(Journal de Botanique,* 1er mai 1892).

(4) DUTAILLY. Recherches sur le développement des Asparaginées (*Association française pour l'Avancement des Sciences,* 25e session, 1896).

(5) DUTAILLY. Une fleur qui débute 3 ans avant son épanouissement (*Bulletin de la Société Linnéenne de Paris,* pp. 1001-1003, 2 mars 1892).

Ainsi Magnin, sur un lot de 579 exemplaires récoltés dans la région de Beynost (Ain) trouve 539 exemplaires quadrifoliés et 40 seulement quinquéfoliés. Dans un autre lot, sur 1573 hampes récoltées il trouve 1464 quadrifoliées et 107 quinquéfoliées.

Mais à côté des hampes à 4 et 5 feuilles les auteurs en ont signalé, quoique rarement, à 2, 3, 6, 7 et 8 feuilles.

La tige aérienne se continue au-dessus du verticille foliaire par un pédoncule pouvant atteindre de 3 à 6 cm., portant des côtes longitudinales très fines. Il est dépourvu d'articulation, à l'inverse de quelques autres Liliacées, comme l'a déjà observé H. Lecomte (4), et se termine par une fleur solitaire. Elle se compose de 4 sépales verdâtres lancéolés, 4 pétales vert-jaunâtres linéaires, alternes avec les sépales. Les étamines au nombre de 8, légèrement connées à la base, sont disposées en deux verticilles, l'externe épisépale, inséré à la base du calice, l'interne épipétale, inséré à la base de la corolle. Les filets des étamines, élargis en anneau à la base, portent des anthères longues, linéaires et se continuent par un long connectif, terminé en pointe fine. L'ovaire, sur les détails duquel je reviendrai plus loin, se compose de 4 carpelles soudés, se terminant par autant de stigmates filiformes.

Dans l'immense majorité des cas, les hampes quadrifoliées portent des fleurs construites sur le type 4, dont la formule abrégée peut s'écrire 4. 4. 8. 4. (5).

---

(1) Magnin. Les variations de la Parisette (*Ann. Soc. bot.* Lyon, t. XXX, 1905).

(2) Vogler. Die Variabilität von *Paris quadrifolia* L. in der Umgebung von St-Gallen (Extr. de *Flora* oder *Allg. bot. Zeitung*, Bd. 92, Heft. 4, 1903, pp. 483 à 489).

(3) P. Stark. Ueber die Schwankungen der Gliederzahl im Laubblattquirl von *Paris quadrifolia*. (*Ber. D. Bot. Ges.* XXXIII. Heft 5, pp. 265-273, 1915).

(4) H. Lecomte. Les articulations florales (*Nouvelles Archives du Muséum d'Histoire Naturelle*, $3^{e}$ série, p. 123).

(5) Afin d'éviter les descriptions de fleurs au cours de mon travail, j'emploierai ces formules à l'exemple de Magnin.

Ainsi Magnin, sur un lot de 436 Parisettes, en trouve 415 du type 4. 4. 8. 4. et seulement 21 fleurs anormales. Ces 21 fleurs anormales comprennent :

6 fleurs avec avortement d'une étamine épipétale ou 4. 4. 7. 4.

5 fleurs avec avortement de 2 étamines épisépales ou épipétales ou 4. 4. 6. 4.

3 fleurs avec 3 étamines ± avortées (transformées en staminodes) avortement coïncidant 2 fois avec l'avortement d'un carpelle [4. 4. 5. 3] et 1 fois avec le développement d'un carpelle supplémentaire [4. 4. 5. 5].

6 fleurs présentaient une augmentation du nombre des carpelles [4. 4. 8. 5].

1 fleur seulement possédait une étamine supplémentaire, par dédoublement d'une étamine épipétale, [4. 4. 9. 4].

Les hampes quadrifoliées produisant un très petit nombre de fleurs anormales, montrent ainsi une grande fixité.

Par contre, les hampes 5-foliées présentent des types floraux très variables. Ainsi sur un lot de 430 pieds pentaphylles le même auteur trouve :

| | | |
|---|---|---|
| 290 | hampes à fleurs tétramères normales | 4. 4. 8. 4 |
| 40 | » » | 5. 5. 10. 5 |
| 44 | » » | 5. 4. 9. 4 |
| 17 | » » | 4. 4. 9. 4 |
| 4 | » » | 4. 4. 8. 5 |
| 3 | » » | 5. 5. 9. 4 |
| 3 | » » | 5. 5. 10. 4 |
| 2 | » » | 4. 4. 7. 4 |
| 2 | » » | 4. 4. 6. 4 |
| 2 | » » | 4. 4. 10. 5 |
| 2 | » » | 5. 4. 9. 5 |
| 2 | » » | 5. 5. 9. 5 |
| 2 | » » | 4. 4. 6. 6 |
| 1 | » » | 4. 3. 8. 4 |
| 1 | » » | 4. 4. 8. 3 |
| 1 | » » | 4. 4. 6. 5 |
| 1 | » » | 4. 4. 7. 4 |
| 1 | » » | 4. 4. 9. 5 |
| 1 | » » | 3. 4. 9. 4 |
| 1 | » » | 5 3. 8. 4 |
| 1 | » » | 4. 4. 8. 4 |
| 1 | » » | 5. 5. 5. 4 |

Les hampes 6-foliées, très rares dans les régions étudiées par Magnin, ont été observées 26 fois par Vogler à Saint-Gall. Ces 26 hampes se répartissaient ainsi :

15 tétramères, 5 pentamères, 6 irrégulières :

[6. 4. 12. 5 — 6. 5. 11. 5 — 6. 5. 10. 5 — 5. 5. 10. 4 — 5. 4. 8. 4 — 5. 4. 9. 4]. Je dois ajouter que le type hexamère parfait 6. 6. 12. 6 existe ; on trouvera son étude anatomique à la fin de ce travail.

Les hampes trifoliées stériles sont fréquentes et appartiennent soit aux rhizomes à leur début, soit aux jeunes ramifications. Par contre les hampes trifoliées fleuries sont rares d'après les auteurs, notamment : Dutailly, Bauhin, Soyer-Villemont, Henslow, Fermond, Vogler. Cependant Fermond a trouvé une Parisette construite sur le type trimère parfait 3. 3. 6. 3. De mon côté j'ai eu la chance d'avoir entre les mains une hampe trifoliée à fleur de ce même type 3. 3. 6. 3 (1). J'ai eu également une hampe à 3 feuilles se terminant par une fleur anormale 4. 3. 8. 4.

Le *Paris quadrifolia* a depuis longtemps attiré l'attention de nombreux auteurs. La structure de la racine, du rhizome, de la tige aérienne et des feuilles, le développement exceptionnellement lent de cette curieuse Liliacée, ont été l'objet d'études morphologiques et anatomiques approfondies, et les connaissances qui s'y rapportent sont assez complètes.

Par contre, des recherches anatomiques sur la fleur et sur le pédoncule floral n'ont jamais été effectuées jusqu'ici.

De plus, à part l'étude des hampes à 4 et 5 feuilles et des hampes trifoliées stériles, il n'existe pas de recherches anatomiques sur les autres variations foliaires ou florales.

Je me suis donc proposé tout d'abord de faire l'étude anatomique du pédoncule et de la fleur du *Paris quadrifolia* en rapport avec la structure de la tige aérienne et du rhizome.

Dans les pages qui vont suivre je reprendrai les données apportées par les auteurs en ce qui concerne la structure du rhizome, de la tige aérienne et le passage des faisceaux de cette dernière dans le verticille foliaire. Je rechercherai la part des faisceaux de la hampe destinée aux feuilles et celle des faisceaux destinée au pédoncule floral.

---

(1) Cette Parisette, récoltée par M. Rol dans la forêt de Montmorency, a été le sujet d'une communication récente, faite par M. A.-P. Allorge à la Société Botanique de France (1918).

Une fois le système fasciculaire du pédoncule constitué, je le suivrai sur toute sa longueur et j'étudierai la distribution des faisceaux dans la fleur. Je prendrai pour type une hampe à 4 feuilles portant une fleur du type 4.

Frappée par les variations foliaires et florales relatées par les divers auteurs et par les observations que j'ai pu faire moi-même, je me suis proposé de faire l'étude anatomique comparative de quelques-unes d'entre elles et de rechercher les relations qui existent entre les variations morphologiques et la structure anatomique.

A cet effet je continuerai mon travail par l'étude d'une hampe à 5 feuilles, portant une fleur du type 5 parfait. Ensuite viendra l'examen de quelques cas d'anomalies subies par les individus du type 5, qui pourront, j'espère, apporter quelques résultats nouveaux sur l'évolution que subit le système fasciculaire de la Parisette en passant du type 4 au type 5.

De plus, j'ai eu l'occasion de faire l'étude d'une hampe trifoliée à fleurs du type trimère, habituel chez les Liliacées, et d'une hampe trifoliée à fleur anormale.

Je terminerai mon travail par l'examen anatomique de deux hampes à 6 feuilles, l'une à fleur pentamère, l'autre à fleur hexamère.

Je me suis adressée dans mes recherches aux plantes adultes. J'ai examiné les fleurs bien épanouies avant l'ouverture des anthères, afin de pouvoir les comparer autant que possible au même point du développement.

## B. ÉTUDE ANATOMIQUE DES DIFFÉRENTS TYPES FLORAUX

### I. PARISETTE A 4 FEUILLES ET A FLEUR 4.4.8.4.

Avant de passer à la structure du pédoncule et de la fleur je dois rappeler en quelques mots la structure du rhizome et de la hampe ou tige aérienne quadrifoliée. Il me serait impossible autrement de faire comprendre la provenance des faisceaux du pédoncule et partant ceux de la fleur. La structure du rhizome, qui se trouve en étroite relation avec celle de la tige aérienne et par suite de la fleur, avait déjà frappé Schwendener.

L'étude de ce rhizome avait été reprise par Guillaud (1) et Heim (2).

D'après ces deux auteurs, une coupe transversale du rhizome pratiquée dans un entre-nœud présente de l'extérieur vers l'intérieur : un épiderme, une zone corticale large renfermant un cercle de petits faisceaux, une zone intermédiaire peu prononcée renfermant l'endoderme (la gaîne fasciculaire des anciens auteurs), le péricycle, un anneau de très gros faisceaux et enfin une région centrale ou moelle assez large, dépourvue de toute espèce de faisceaux.

Ces deux auteurs ne sont pas du même avis en ce qui concerne l'existence des épaississements des faces radiales des cellules endodermiques. Nets pour Guillaud, ils n'existent pas pour Heim. Pour ma part j'ai observé les deux cas. Ce qui paraît certain à l'encontre des observations de Heim c'est que l'assise endodermique, même si elle ne possède pas de cadre lignifié, est cependant bien nette par la dimension des cellules et par leur forme allongée tangentiellement. Les observations de ces deux auteurs, ainsi que celles que j'ai eu l'occasion de faire, montrent que la lignification des cellules endodermiques ne se produit pas sur toute la longueur du rhizome, qu'elle apparaît à un certain moment et peut-être dans certaines conditions.

En ce qui concerne le péricycle, comprenant une assise de cellules, il était également bien différencié dans les échantillons que j'ai eu l'occasion d'examiner.

Mais ce qui est important au point de vue qui m'occupe, c'est que ces auteurs ont observé dans le méristème primitif du bourgeon terminal 5 à 8 faisceaux de pro-cambium tout à fait à leur début, dont l'un occupe le milieu de la coupe, tandis que les autres sont rangés en cercle tout autour de ce dernier. A un niveau plus inférieur « le faisceau central devient plus petit que les autres et se déplace vers le dehors, la moelle devient alors libre ». Ni Guillaud, ni Heim ne se sont aucunement occupés du sort de ce faisceau médullaire et c'est Dutailly qui a comblé cette lacune. De plus il a trouvé que ce faisceau n'était pas seul. En effet, dit cet auteur — et mes observations confirment les siennes — un autre faisceau intramédullaire lui fait face (fig. 1). Ces *deux faisceaux* passent un peu plus haut dans la hampe et se raccordent avec les faisceaux, qui se différencient dans le méristème primitif du bourgeon, renfermant cette hampe. Après leur union, ces faisceaux donnent par division tout le système fasciculaire de la hampe florale adulte.

---

(1) GUILLAUD. Recherches sur l'anatomie comparée et le développement des tissus de la tige des Monocotylédones (Thèse Fac. Sc., Paris, 1878).

(2) F. HEIM. Recherches médicales sur le genre *Paris* (Paris, 1892).

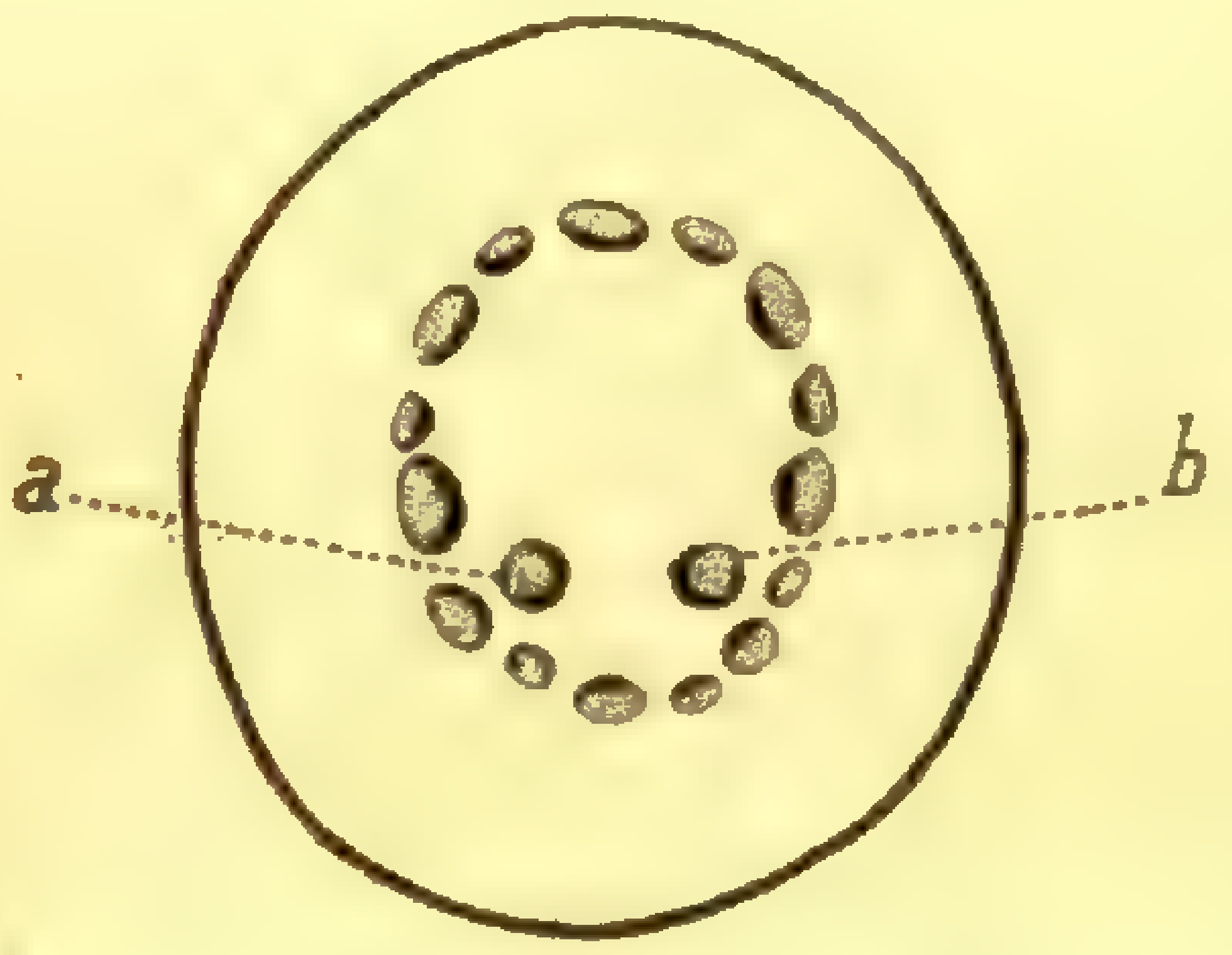


Fig 1. — Coupe transversale du rhizome du *Paris quadrifolia* à proximité d'un nœud.
*a* et *b* faisceaux intramédullaires [D'après Dutailly]

En effet, d'après Dutailly, des coupes successives faites au niveau du nœud montrent les faisceaux *a* et *b* (fig. 2) en voie de division. Chacun d'eux se divise d'abord en 2, puis les 4 nouveaux faisceaux subissent une nouvelle division en 2 et l'un d'eux détache en même temps une branche vasculaire *c* qui vient se placer au milieu des 8 nouveaux faisceaux *a*, *b*, *d*, *e*, *f*, *n*, *m* et *g* (fig. 3). Le faisceau central par deux divisions successives donne 4 faisceaux qui forment

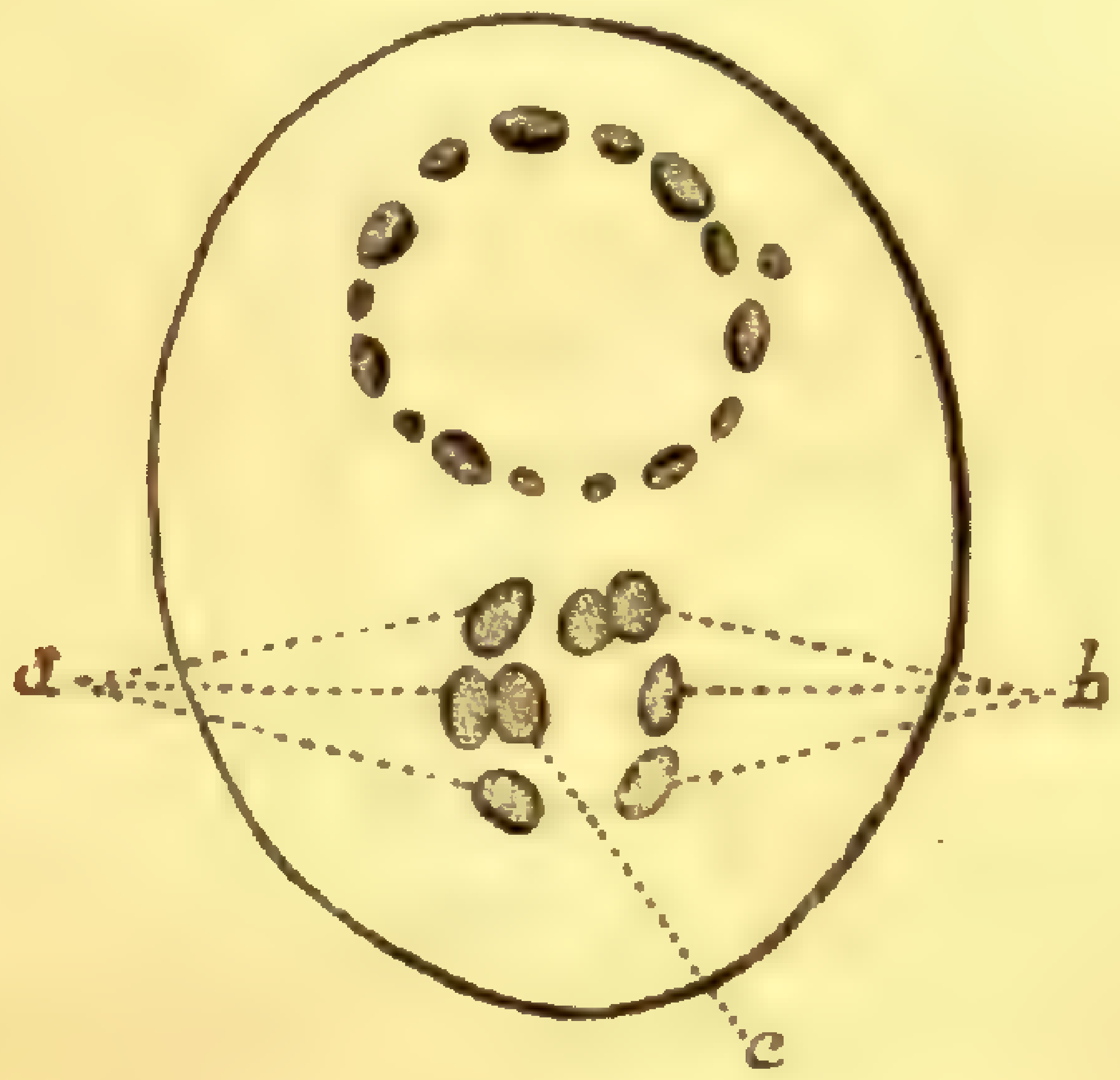


Fig. 2. — Coupe du même rhizome au niveau d'un nœud.
Début de la division des faisceaux *a* et *b*; *c*, faisceau qui formera la zone centrale de la hampe quadrifoliée.
[D'après Dutailly]

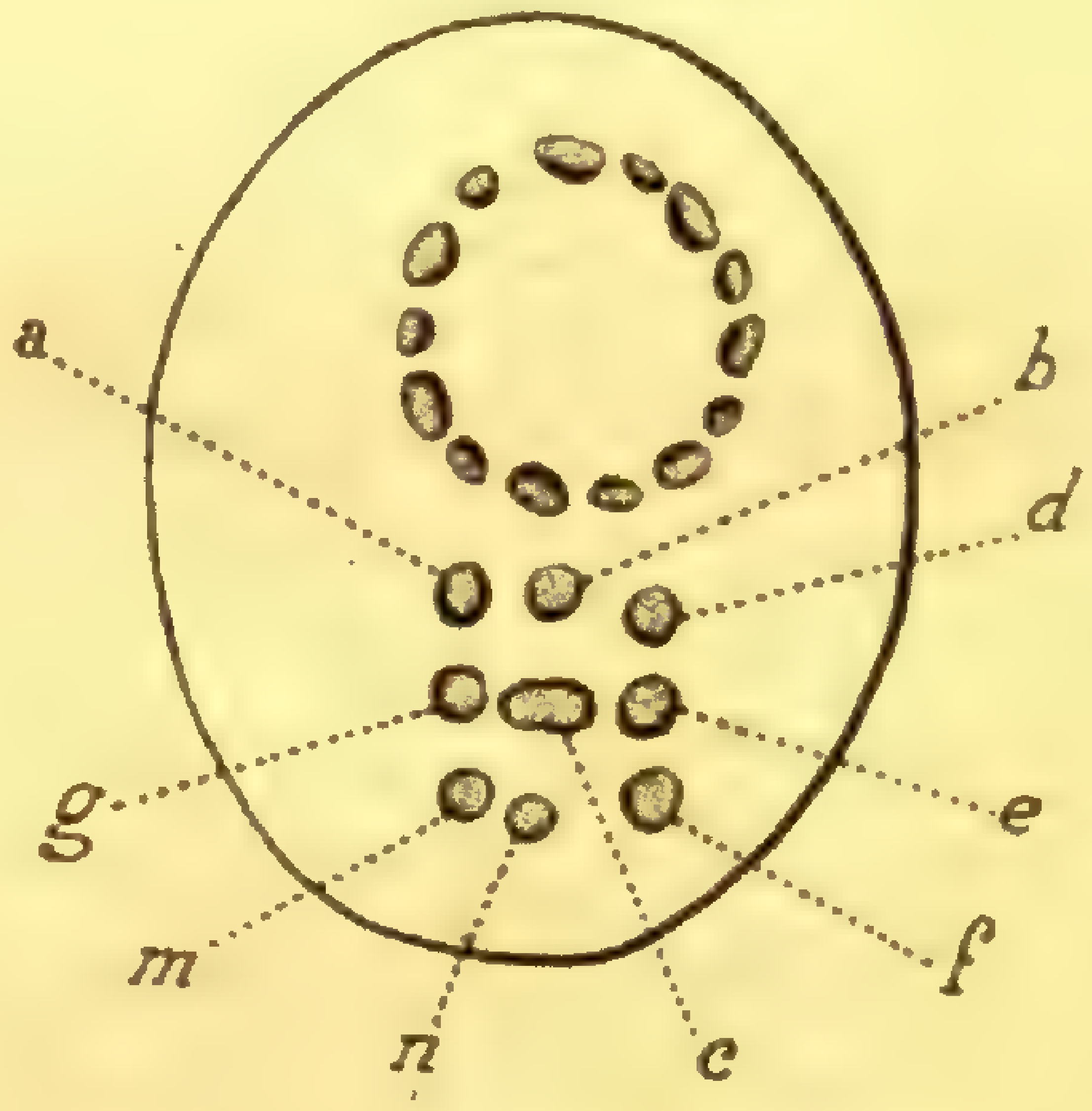


Fig. 3. — Coupe transversale du rhizome passant immédiatement au-dessus du nœud. Faisceau *c* en voie de division ; *a*, *b*, *e*, *f*, *g*, *m*, *n*, faisceaux destinés à la zone moyenne de la hampe.

la zone centrale de la hampe. Les 8 faisceaux qui l'entourent constituent la zone moyenne. Ils détachent chacun un petit faisceau et les 8 nouvelles branches fasciculaires viennent se placer en dehors et en alternance avec les faisceaux de la zone moyenne. Elles forment la zone externe de la hampe.

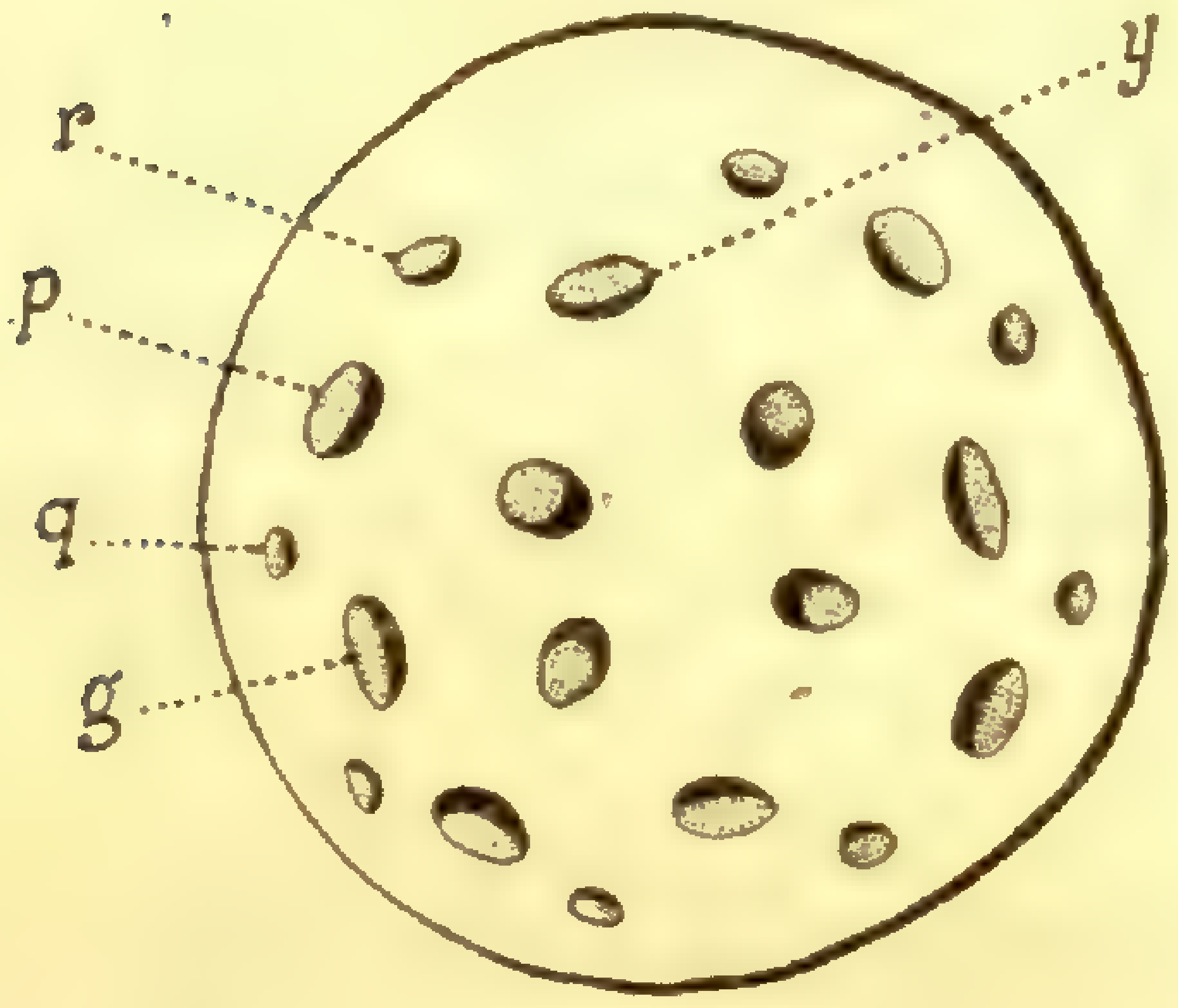


Fig. 4. — Coupe transversale de la hampe montrant les trois zones de faisceaux.

Ainsi, représenté par 8 petits faisceaux extérieurs, 8 moyens et 4 internes (fig. 4) le système fasciculaire de la hampe reste invariable jusqu'à une faible distance des feuilles. Celles-ci ne reçoivent que les deux zones extérieures de faisceaux. La figure 4 indique que chaque feuille emporte un gros faisceau *p*, qui devient sa nervure médiane, les quatre autres nervures sont fournies par les deux petits faisceaux *q* et *r* et par la moitié de chacun des deux faisceaux *y* et *g*. Pour ma part, j'ai observé le même mode de distribution des faisceaux dans les feuilles, mais je me trouve en désaccord avec Dutailly en ce qui concerne les faisceaux destinés au pédoncule. D'après cet auteur, les 4 faisceaux de la zone centrale se dirigent « seuls » dans le pédoncule. Or, en faisant des coupes très rapprochées au-dessous de l'insertion foliaire, j'ai pu observer que chacun des quatre faisceaux *A* de la zone moyenne, en se divisant au moment de leur passage dans les feuilles, détache une branche vasculaire *B* (fig. 5). Ces 4 nouvelles branches se dirigent vers le centre et s'y disposent en alternance avec les 4 faisceaux de la zone centrale, qui sont, eux, la continuation directe des faisceaux de cette zone de la hampe.

Donc, au moment précis du départ des faisceaux de la tige aérienne vers les feuilles, le futur pédoncule floral est formé non de 4 faisceaux, mais de 8, dont on vient de saisir la provenance.

Cet état n'est pas définitif et au moment même où les 4 faisceaux périphériques se dirigent vers les faisceaux de la zone centrale, ces derniers se dédoublent (fig. 5), et détachent à leur tour 4 branches qui s'inclinent à l'extérieur et se mettent en alternance avec les 4 branches venues du dehors. Le nombre des faisceaux périphériques du futur pédoncule est porté ainsi à 8. Désormais ces 8 faisceaux montent jusqu'au réceptacle sans changement au point de vue du nombre. J'ai observé seulement une régularisation dans leur disposition jusqu'à ce qu'ils aient acquis une alternance parfaite avec les faisceaux du centre du pédoncule.

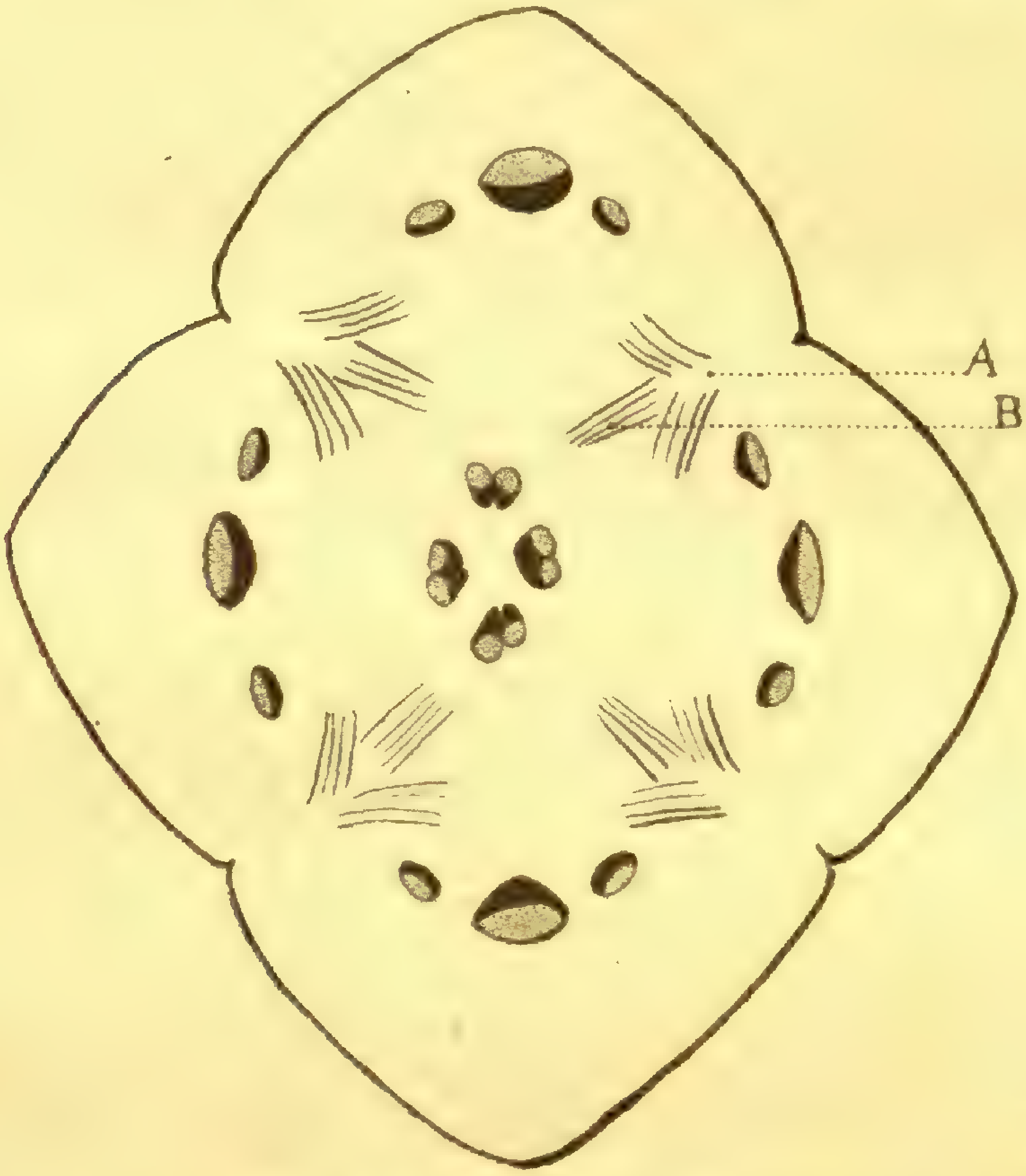


Fig. 5. — Coupe transversale du verticille foliaire. Distribution de faisceaux entre les feuilles et le pédoncule. *A*, faisceau se divisant entre deux feuilles voisines et détachant un faisceau *B* pour le pédoncule.

En effet une section transversale pratiquée immédiatement audessus de l'insertion du verticille foliaire, par conséquent à la base du pédoncule, se présente sous forme d'une étoile à 8 branches (fig. 6), ces dernières correspondant aux côtes saillantes, signalées par Heim.

Ce nombre de 8 côtes pour les pédoncules floraux provenant des hampes à 4 feuilles à fleurs tétramères est constant.

Le centre de la section est occupé par 4 grands faisceaux libéroligneux disposés en croix. Ils passent de la hampe dans le pédoncule les uns en forme de V, les autres arrondis ; les premiers ne tardent pas à prendre la forme d'un O, grâce aux nouveaux vaisseaux qui se différencient tout autour du liber et finissent par l'encercler presque complètement, de sorte que tous les 4 sont finalement à bois périphérique. Leur ensemble constitue la zone interne du pédoncule, je les désignerai par la lettre *I*. Ils sont généralement disposés à distance égale les uns des autres et laissent au centre un parenchyme formé de grandes cellules polygonales ou arrondies, limitant entre elles des méats triangulaires ou quadrangulaires. Chacun de ces faisceaux présente à sa base et en partie sur son pourtour des petites cellules parenchymateuses à parois très minces sans méats entre elles. Elles sont incluses avec le faisceau libéro-ligneux qu'elles accompagnent dans une gaine très nette, particulière à chaque faisceau, composée de cellules de parenchyme de dimension 2-3 fois moins grande que les cellules du parenchyme dans lequel ces faisceaux sont plongés. En dehors de ces 4 faisceaux *I*, on observe 4 faisceaux *S* plus petits qui sont venus des feuilles. En alternance avec ces faisceaux et sur un rang légèrement plus interne se trouvent 4 autres petits faisceaux, qui de plus alternent avec ceux de la

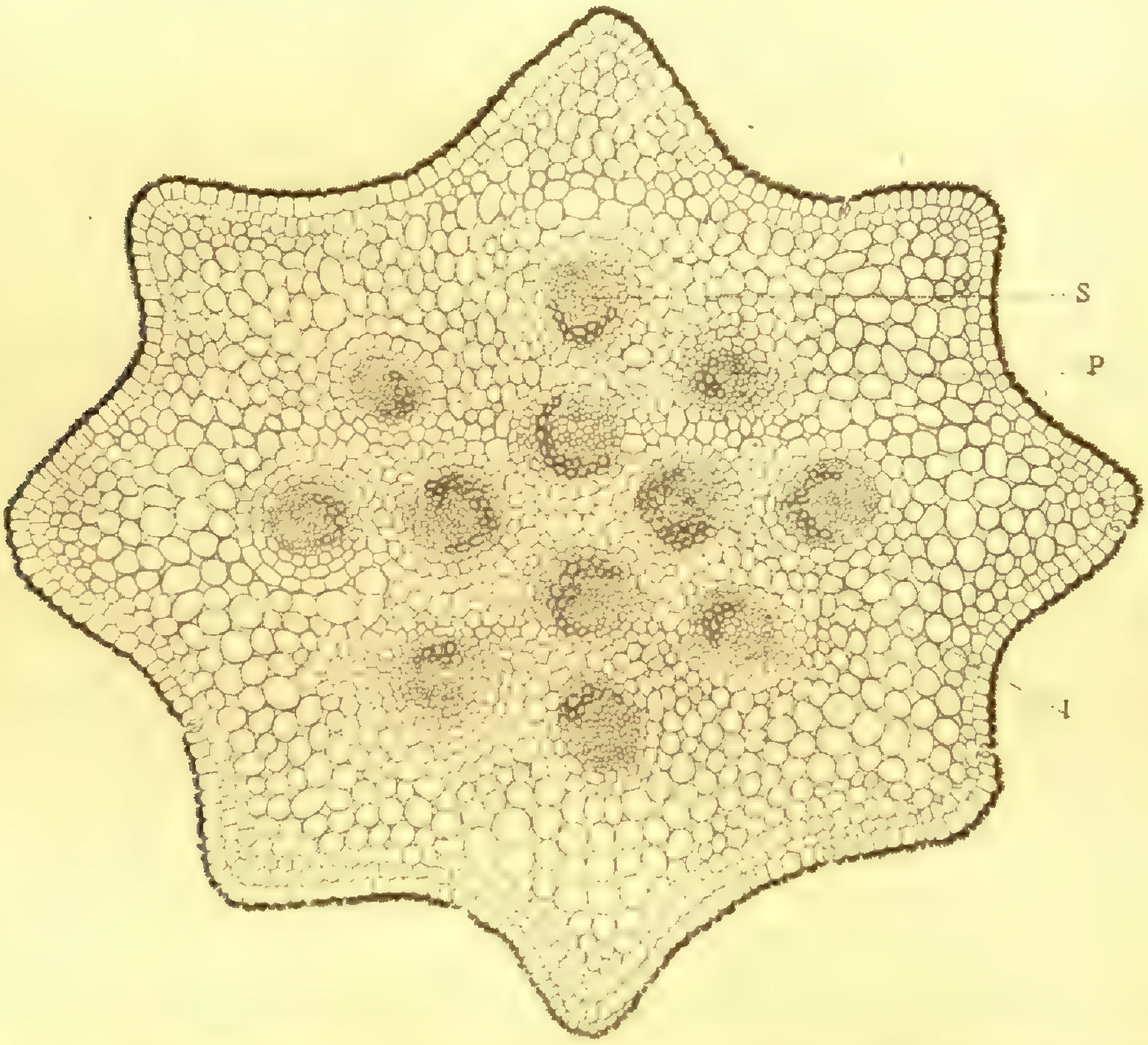


Fig. 6. — Coupe transversale du pédoncule. *S*, faisceaux des sépales ; *P*, faisceaux des pétales ; *I*, faisceaux des étamines et des carpelles.

zone interne. Je les désignerai par la lettre *P*. Leur taille est un peu plus faible ; de plus, comme nous l'avons vu, ils proviennent du dédoublement des faisceaux de la zone centrale de la hampe-faisceaux que j'ai désignés dans le pédoncule par la lettre *I*. Ces 8 faisceaux périphériques ont essentiellement la même constitution que les faisceaux *I*, mais leur bois est rarement enveloppant.

Tout ce système fasciculaire est entouré de toutes parts par un parenchyme absolument semblable à celui qui avoisine les faisceaux de la zone interne, dans lequel il est difficile de distinguer un péricycle et un endoderme. L'épiderme revêtu d'une cuticule finement ondulée est constitué par des cellules alternant régulièrement avec celles de la couche sous-jacente. De plus des stomates très simples et en petit nombre sont disséminés sur sa surface.

En résumé, on peut dire que le pédoncule ou axe floral de *Paris quadrifolia* provenant d'une hampe quadrifoliée à fleur tétramère parfaite est caractérisé par la présence de 12 faisceaux disposés sur 3 rangs. Le rang externe de 4 faisceaux alternant avec les 4 faisceaux du rang moyen, ceux-ci alternant avec les 4 faisceaux du rang interne.

Si, avant d'aller plus loin, on compare la structure de l'axe floral de la Parisette, à la structure des axes floraux observée par van Tieghem (1) pour d'autres Liliacées on verra que la définition de l'axe floral, donnée par ce savant comme règle générale, présente des exceptions. Dans son travail sur l'Anatomie comparée de la fleur des Monocotylédones et des Liliacées en particulier, van Tieghem le détermine ainsi : « Partout où un certain nombre de faisceaux tous semblables, tous orientés de même avec leurs trachées en dedans seront rangés en cercle autour d'une moelle continue, nous reconnaîtrons dans ce système un axe. » Comme on voit, cette définition ne peut s'appliquer sans quelques modifications à l'axe floral de la Parisette.

Dans ce cas, le pédoncule ou axe floral est un ensemble de faisceaux les uns à éléments ligneux périphériques, les autres en V, émanés de la tige et disposés en 3 cercles concentriques.

On constate de plus que les faisceaux du pédoncule sont moins nombreux que ceux de la tige. Des faits analogues ont été observés par M. Laborie (1) pour d'autres Liliacées. En outre, les faisceaux sont moins développés et moins riches en éléments vasculaires. On voit donc que, tout en ayant pris une organisation qui lui est particulière, l'axe floral de *Paris quadrifolia* a cependant gardé les caractères des tiges Monocotylédonées tant au point de vue de leur disposition, qu'au point de vue de leur constitution. Cette observation montre de plus que l'axe floral des Liliacées présente des

---

(1) Van Tieghem. Recherches sur la structure du pistil et sur l'anatomie comparée de la fleur (1868).

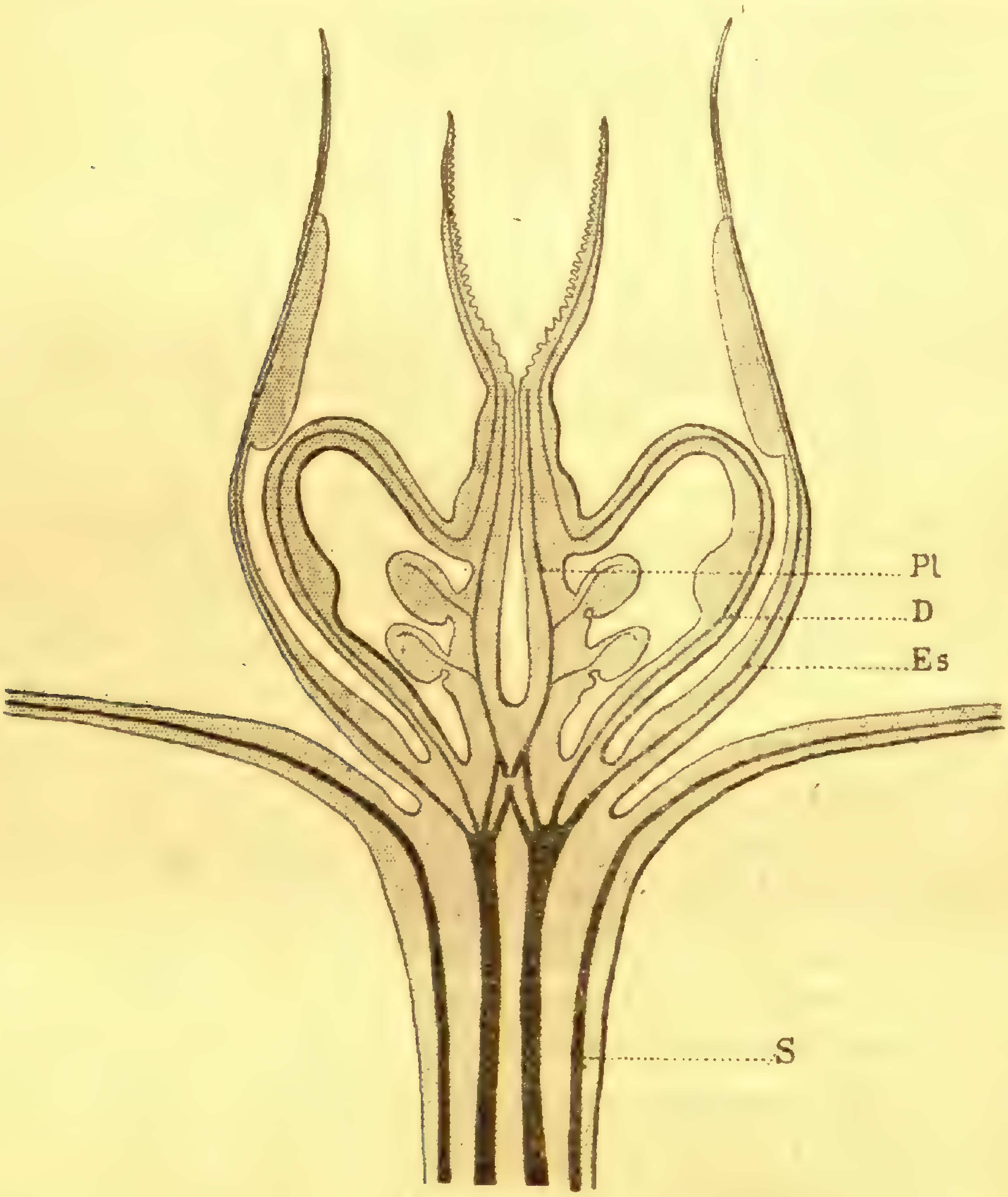


Fig. 7. — Coupe longitudinale de la fleur de *Paris quadrifolia* passant par les sépales. *S*, faisceau allant au sépale ; *Es*, faisceau destiné à l'étamine épisépale ; *D*, faisceau dorsal du carpelle ; *Pl.*, faisceau placentaire.

---

(1) **Laborie**. Recherches sur l'anatomie des axes floraux (Thèse Fac. Sc., Toulouse, 1888).

cas différents. En effet, à côté des pédoncules floraux tels que ceux du *Paris quadrifolia*, il en existe d'autres tels que ceux du *Hyacinthus orientalis* L., du *Convallaria maialis* L., du *Polygonatum vulgare* Desf., étudiés par van Tieghem, chez lesquels les faisceaux du pédoncule sont en très petit nombre rangés en un cercle. C'est ce qui lui a fait dire que : « le nombre des parties constitutives de la fleur des Monocotylédones étant déterminé, un petit nombre de faisceaux suffit à les former. » Et plus loin : « la symétrie primordiale, fugitive dans les tiges, se fixe donc et se conserve dans les pédicelles floraux et les faisceaux y sont rangés en cercle symétrique dans un parenchyme homogène comme chez les Dicotylédones. »

Comme on le voit, le *Paris quadrifolia*, et ce qui est à présumer, les espèces voisines, échappent à cette règle trop généralisée. Exacte pour certaines espèces de Liliacées, peut-être pour certaines tribus, elle est inapplicable dans le cas de *Paris quadrifolia* et sans doute pour d'autres Paridées.

Quoi qu'il en soit, revenons au système fasciculaire du pédoncule.

La figure 7 montre qu'au-dessous de la fleur, chaque faisceau *S* s'incurve d'abord horizontalement, se relève ensuite et passe dans chaque sépale. Arrivé à la base du sépale, il subit une division en 5 nouvelles petites branches qui constituent les nervures. La nervure médiane est plus forte que les autres, de plus des anastomoses obliques peuvent se produire entre ces diverses nervures.

Ces 5 nervures sont entourées de toutes parts par un parenchyme qui n'a rien de particulier, si ce n'est sa richesse en raphides de carbonate de calcium. Il est limité à sa face supérieure et inférieure par un épiderme à peine cutinisé. Les cellules constituant l'épiderme inférieur à l'inverse de celui du pédoncule, ont des parois très sinueuses, comme celles de l'épiderme des feuilles et comme ce dernier tout aussi riches en stomates. De plus, j'ai pu observer fréquemment que les stomates des sépales sont disposés deux par deux, tantôt se touchant par les faces antéro-postérieures des cellules de bordure, tantôt se trouvant rapprochés et accolés par les faces latérales de ces dernières. L'épiderme supérieur est dépourvu de stomates.

Au moment où les faisceaux *S* se brisent en nervures, les faisceaux *P* demeurent sans changement (fig. 8). Par contre, les faisceaux *I* de la zone interne subissent un fractionnement rapide et compliqué. A partir de ce moment, tout le système fasciculaire de la fleur se trouve constitué. En effet, chaque faisceau *I* (fig. 7 et 8) s'élargit et se rapproche des faisceaux périphériques ; puis il détache une branche vasculaire médiane qui se dédouble en deux branches, la branche la plus externe *Es* monte dans l'étamine épisépale, tandis que l'interne se dirige dans la feuille carpellaire superposée au sépale. Cette dernière constitue ainsi le faisceau dorsal du carpelle ; je la désigne par la lettre *D*. En même temps et de part et d'autre de ces branches médianes il se forme 2 nouvelles branches. Chacune d'elles s'incurve latéralement et va à la rencontre de la branche latérale venant du faisceau *I* voisin, qui subit le même fractionnement. Ces branches latérales arrivent à se joindre juste en face de chaque faisceau *P*. De leur jonction résulte un nouveau faisceau *Ep*

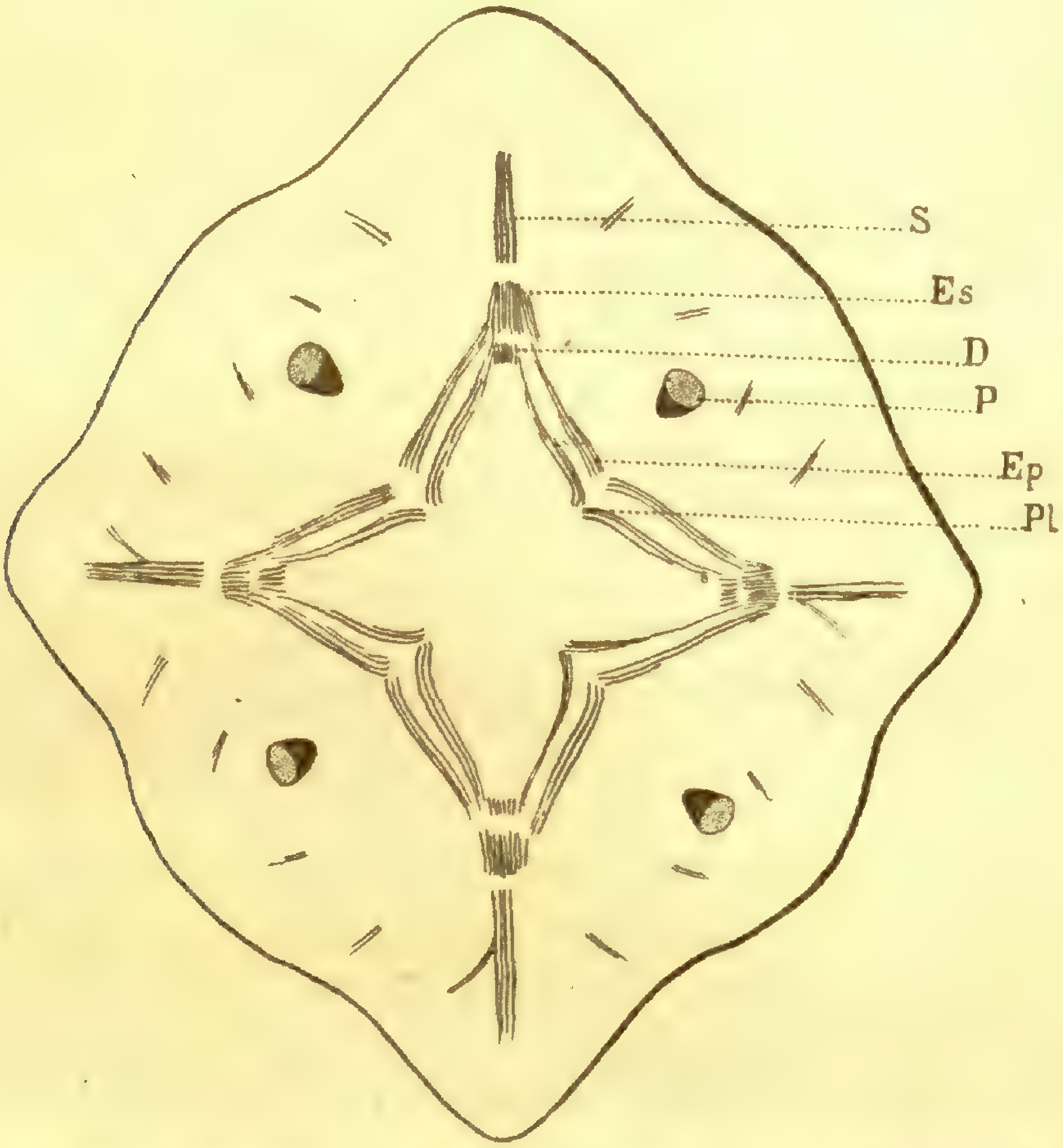


Fig. 8. — Coupe transversale du réceptacle, montrant la division des faisceaux. *S*, faisceaux allant aux sépales ; *P*, faisceaux des pétales ; *Es*, faisceaux des étamines épisépales ; *Ep*, faisceaux des étamines épipétales; *D*, faisceaux des carpelles ; *Pl*, faisceaux placentaires.

qui est destiné à l'étamine épipétale. Lorsque le départ des branches latérales de part et d'autre de chaque faisceau *Es* se trouve effectué on est en présence, ainsi, de 4 nouveaux faisceaux des étamines épipétales. Ils arrivent presqu'au contact des faisceaux *P*, qui, à ce moment, se brisent en 3 branches, donnant naissance aux 3 nervures, destinées à vasculariser les pétales. Le parenchyme qui les entoure contient des raphides de carbonate de calcium comme celui des sépales ; mais les deux épidermes sont dépourvus de stomates.

Pendant quelque temps, les branches staminales et pétalaires courent parallèlement et restent englobées dans le même tissu parenchymateux. C'est ce qu'en langage descriptif on exprime en disant que le pétale et l'étamine sont soudés par leur base. Au point de vue anatomique chacune de ces pièces florales possède son système fasciculaire propre et il n'existe de soudure momentanée qu'entre les éléments parenchymateux.

Après le départ des faisceaux destinés aux étamines, les faisceaux *I* continuent à se fragmenter (fig. 8). De part et d'autre du faisceau dorsal du carpelle il se forme une nouvelle branche. Le nombre des nouveaux faisceaux est porté par conséquent à 8. Les faisceaux *D*, après avoir effectué leur course dans la région dorsale du carpelle correspondant montent dans le style et passent enfin dans les stigmates. Cette observation vient confirmer l'opinion exprimée au sujet des fleurs, en général, par Le Maoût et Decaisne dans leur Traité de Botanique.

Quant aux 8 branches latérales, les dernières nées, elles se dirigent vers l'intérieur du réceptacle. 4 d'entre elles se courbent à gauche, 4 autres à droite. Juste en opposition avec des faisceaux staminaux épipétales, ces branches fasciculaires s'unissent deux par deux (fig. 9) formant au centre du réceptacle 4 nouveaux faisceaux composés, qui alternent avec les 4 faisceaux dorsaux des carpelles. Dès lors, ces 4 branches fasciculaires que je désignerai par les lettres *Pl*, montent dans la région centrale de l'ovaire. Leur importance est capitale puisque ce sont elles qui alimentent les ovules en courant tout le long des placentas. Pour bien comprendre leur trajet et la manière dont elles détachent les rameaux fasciculaires pour les ovules, je dois rappeler en quelques mots la structure de l'ovaire.

Il se compose de 4 carpelles plus ou moins fortement réunis par leurs parois latérales. De forme globuleuse, légèrement déprimé au sommet, cet ovaire est prolongé par un style fort court. Ce dernier est formé en réalité par la somme des 4 styles qui sont les prolongements directs des 4 carpelles. Ils sont fortement soudés par leurs faces latérales et se trouvent comme enfoncés dans la dépression du sommet de l'ovaire. Chacun d'eux se continue par un stigmate se présentant en section transversale en forme de fer à cheval, à concavité dirigée vers le haut. Les bords ou les lèvres des stigmates sont tapissés par des papilles stigmatiques très allongées, tandis que la concavité est revêtue par des cellules légèrement papilleuses. Cette dernière est parcourue dans sa région médiane par un faisceau libéro-ligneux qui est la continuation directe du faisceau dorsal du carpelle. Ce faisceau, après être monté dans le style, s'éteint à l'extrémité du stigmate.

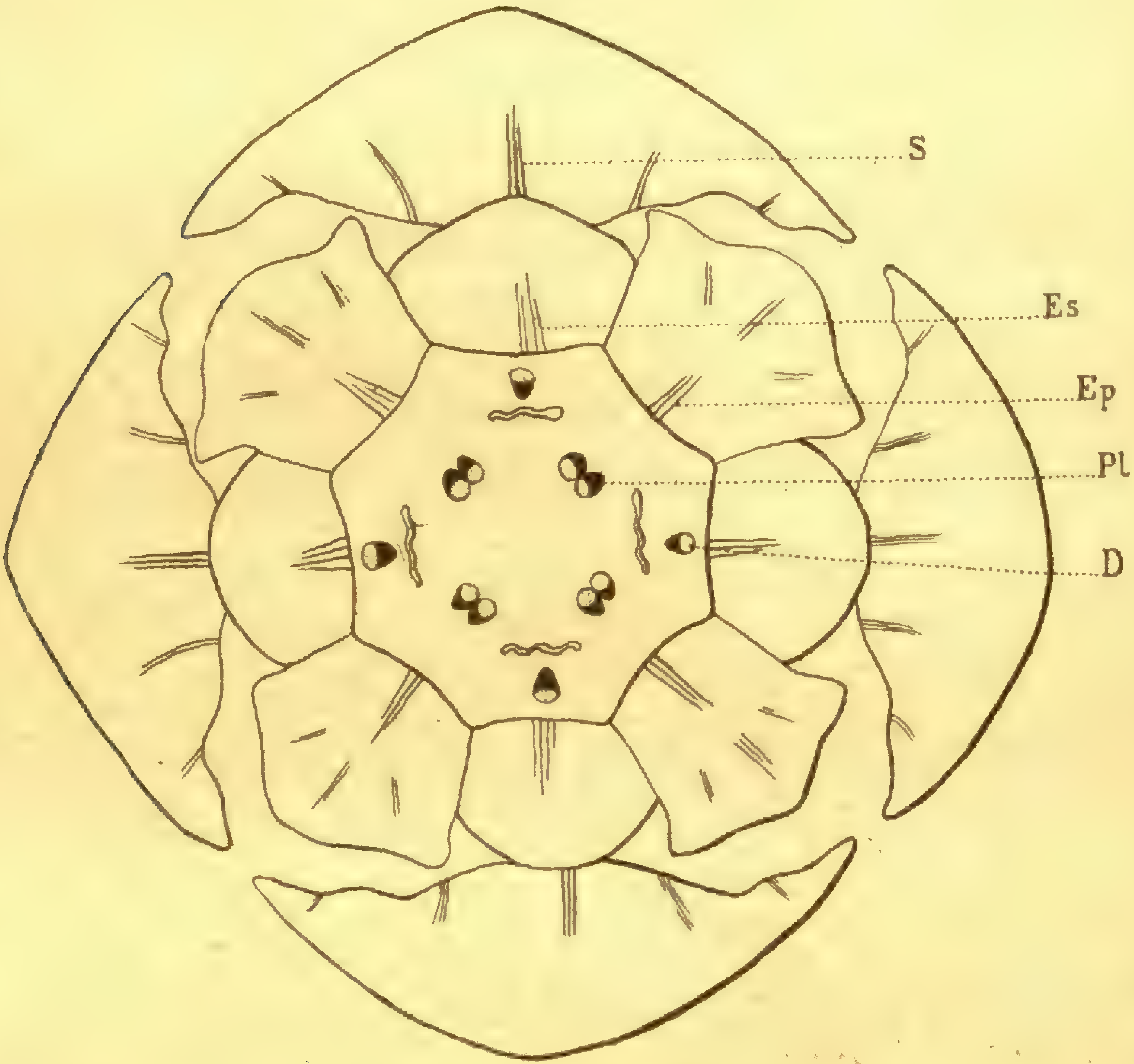


Fig. 9. — Coupe transversale de la fleur à la base de l'ovaire, montrant le système fasciculaire entièrement constitué (mêmes lettres que pour la figure précédente).

La base de l'ovaire, de forme octogonale en section transversale, apparaît d'abord limitée par une ligne sombre résultant de l'insertion tout autour de cette base de diverses pièces florales. Au fur et à mesure que ces dernières acquièrent leur indépendance apparaissent les loges de l'ovaire. Cette apparition se présente en coupe transversale sous forme de fentes qui se produisent en dedans du faisceau dorsal du carpelle et s'étendent en largeur sur 5-6 cellules. Petit à petit les deux assises de cellules de part et d'autre de cette fente s'éloignent l'une de l'autre et la loge ainsi formée grandit et se développe.

La partie dorsale de chaque carpelle contenant le faisceau dorsal fait une saillie parfois bifurquée dans la cavité de la loge.

Chaque loge de l'ovaire contient 2-5 séries d'ovules anatropes, horizontaux à la base de l'ovaire, ascendants dans la région supérieure de ce dernier. Ils sont insérés sur les placentas, formés par les angles internes des carpelles fortement soudés dans la région inférieure de l'ovaire. Ces ovules, disposés 2 par 2 dans chaque loge, sont portés par des funicules fort courts. Ce fait semble en relation avec la structure du tissu conducteur. En effet, ce tissu conducteur se présente dans les stigmates sous forme de papilles allongées. Si on le suit dans son parcours de haut en bas, on constate que les papilles proéminent de moins en moins dans le style. Ensuite elles réapparaissent dans l'ovaire, plus arrondies, recouvrant les saillies placentaires et groupées en forme de petit coussinet au voisinage immédiat du micropyle. D'après Vesque et Capus (1), la disposition du tissu conducteur en coussinet est très fréquente chez les Liliacées. Le *Paris quadrifolia* rentre donc dans la règle générale ; la seule remarque à faire, c'est qu'en comparaison avec les espèces étudiées par Capus telles que les *Dracæna*, les *Yucca* et quelques-unes que j'ai eu l'occasion d'observer telles que l'*Allium neapolitanum* Cyrillo, l'*Asphodelus albus* Mill., l'*Erythronium Dens-canis* L., le tissu conducteur prolifère beaucoup moins dans la loge dans le cas du *Paris quadrifolia*. Il semble bien qu'au tissu conducteur faiblement proéminent correspondent des ovules à funicule court. Enfin, chez la Parisette, l'épiderme seul concourt à la formation du tissu conducteur, à l'inverse d'autres Liliacées où plusieurs assises de cellules se différencient dans ce but.

---

(1) Capus. Anatomie du tissu conducteur (Thèse Fac. Sc. Paris, 1879).

J'ai dit plus haut que les carpelles étaient fortement soudés par leurs bords internes à la base de l'ovaire. Mais cette soudure se détruit progressivement au fur et à mesure qu'on s'approche du sommet de l'ovaire. En effet une fine gouttière apparaît entre les deux saillies placentaires. Il s'ensuit que l'épiderme qui tapissait les placentas, après avoir revêtu les ovules, se continue sur les bords internes des carpelles. De cette façon, ces derniers ne sont plus soudés, mais restent en simple contact. Enfin les gouttières gagnent le centre de l'ovaire et l'épiderme finit par recouvrir le biseau formé par la soudure des parois latérales des carpelles, renfermant les faisceaux placentaires.

La disjonction produite ainsi par le décollement des angles internes des carpelles commence au-dessus du niveau de la première ou de la deuxième série d'ovules. Une section longitudinale représentée sur la figure 7 montre l'existence d'un véritable canal dans le centre de l'ovaire. Ce canal en forme de croix sur les sections transversales atteint son maximum de largeur dans la région moyenne de l'ovaire, puis va en se rétrécissant et se continue dans le style. Ce dernier est creusé par conséquent d'un canal quadrifurqué.

De la disjonction des bords internes des carpelles résulte une nouvelle disposition des placentas et partant celle des ovules. En effet, dès que cette disjonction se manifeste, les placentas subissent une sorte de traction latérale, les loges s'aplatissent et leurs bords internes s'écartant de plus en plus entraînent les ovules. La direction des ovules, horizontale et perpendiculaire aux placentas, au début, devient de plus en plus oblique et fait un angle obtus avec la ligne de leur disposition primitive.

Il en résulte de plus qu'une série des ovules de la même loge est forcée ou d'avorter ou de se développer au-dessus de l'autre série d'ovules. Ce fait ne vient-il pas à l'appui de l'idée émise par van Tieghem à savoir que chez les Liliacées les ovules naissent à la base de l'ovaire ? Ceci est contraire aux observations de Heim qui a fait l'étude organogénique de la fleur, et pour lequel les ovules naissent à mi-hauteur des placentas. Cependant cet auteur a remarqué que les ovules sont « ascendants ou horizontaux par pression réciproque », mais la séparation des bords internes des carpelles et l'existence du canal central dans l'ovaire qui se prolonge dans le style ont échappé à cet auteur.

Ce fait peut passer inaperçu si on se contente d'une section pratiquée à la base de l'ovaire où, comme je l'ai dit, la concrescence entre les bords internes des carpelles est parfaite. Il faut noter en outre que Franchet (1) et d'après lui Heim, trouvant la structure de l'ovaire au niveau de la première série des ovules, oppose cette structure à celle de l'ovaire de *Paris polyphylla*.

« Il est à remarquer, disent ces auteurs, que dans l'ovaire globuleux de *P. quadrifolia* les loges sont complètes et les placentas sont réunis en formant une colonne centrale ; dans *P. polyphylla* au contraire et chez les espèces à ovaire subpyramidal les placentas ne se touchent pas par leur angle interne et les loges sont incomplètes. »

L'étude attentive de l'ovaire montre que cette distinction n'existe pas et par conséquent à ce point de vue les *P. polyphylla* et *P. quadrifolia* sont très voisins l'un de l'autre.

Les carpelles sont de même fortement soudés par leurs bords latéraux à la base de l'ovaire. Mais cette soudure devient un simple accolement encore au-dessous de la première série d'ovules. C'est à ce niveau qu'apparaissent les fentes, correspondant aux espaces existant entre les boutonnières des glandes septales ; elles persistent tout le long de l'ovaire et disparaissent au-dessus de la dernière série d'ovules.

L'assise de cellules tapissant les glandes septales ne présente rien de particulier à l'inverse d'autres Liliacées où cette assise est nettement différenciée.

Je dois noter en passant que l'épiderme revêtant la face externe des carpelles est dépourvu de stomates. De plus, le parenchyme, qui constitue le tissu fondamental des carpelles, est formé de cellules arrondies laissant des méats, parfois même de véritables lacunes entre elles et renfermant comme les sépales et les pétales des raphides de carbonate de calcium.

Maintenant que l'organisation générale de l'ovaire est esquissée, voyons le parcours que suivent les faisceaux placentaires et la distribution des branches vasculaires destinées aux ovules.

En partant du point où se forment ces faisceaux *Pl*, on les voit se bifurquer ; une de leur moitié passe dans une loge, tandis que la deuxième moitié se dirige vers la loge voisine. Il se forme ainsi plusieurs séries de 8 branches correspondant aux séries de 8 ovules contenus dans les 4 loges. Chacune de ces branches vascularise le placenta correspondant : arrivée au funicule de l'ovule elle s'y engage, et suit ensuite le raphé, innervant ainsi les téguments externes de l'ovule. Après avoir détaché les branches vasculaires des ovules, les faisceaux *Pl* montent dans le style en alternance avec les faisceaux dorsaux des carpelles et finissent par s'éteindre au niveau de la naissance des stigmates. Les branches placentaires présentent une particularité dans la disposition de leurs éléments libéro-ligneux. Au moment où elles se détachent des gros faisceaux *I* qui leur donnent naissance, le liber est externe ou bien entoure complètement le bois ; ce n'est que progressivement que les vaisseaux libériens disparaissent sur le côté externe et au contraire se différencient de plus en plus sur la face interne. Arrivés au niveau des fentes de l'ovaire, les faisceaux présentent l'orientation inverse et montent ainsi jusqu'au bout de leur course. Enfin, il est à remarquer que les rameaux fasciculaires destinés aux ovules se détachent des branches placentaires de manière à présenter leur liber en dehors du côté du raphé et leur bois en dedans. Ce fait vient montrer une grande analogie avec la disposition des éléments du faisceau libéro-ligneux dans une feuille ordinaire.

---

(1) Franchet, M.-A. Monographie du genre *Paris* (*Mémoires publiés par la Société philomathique à l'occasion du centenaire de sa formation*).

Ainsi, le système fasciculaire de l'axe floral formé, comme on l'a vu, par un groupe de 12 faisceaux, après avoir subi des divisions multiples, fournit le système fasciculaire des appendices floraux. Les diverses phases de ces divisions ont une grande importance au point de vue anatomique, parce qu'elles montrent l'insertion vraie de ces appendices sur l'axe floral. Pour les sépales, dans le cas du *Paris quadrifolia*, cette insertion est indiquée par le niveau où cet appendice floral acquiert son système fasciculaire propre, c'est-à-dire au niveau où le faisceau sépalaire du pédoncule se divise en 5 nervures. Il en est de même pour les pétales. Les étamines et les carpelles trouvent leur insertion à l'endroit exact où les faisceaux de l'axe détachent des branches qui leur sont destinées. Par conséquent la véritable base de l'ovaire est le niveau précis où l'axe floral donne naissance aux faisceaux dorsaux des carpelles et aux faisceaux placentaires.

Il faut remarquer en outre qu'à l'inverse des Liliacées dont l'axe floral contient un petit nombre de faisceaux, 6 dans quelques exemples étudiés par van Tieghem, celui du *Paris quadrifolia* présente une sorte de différenciation. Ainsi, déjà dans le pédoncule, les faisceaux des sépales sont nettement formés. Il en est de même pour les pétales.

On a pu constater également que les faisceaux des sépales n'ont pas la même provenance que ceux des pétales. On a vu, en effet, que la hampe de la Parisette contient d'une part des faisceaux purement caulinaires et d'autre part des faisceaux destinés en partie aux feuilles et en partie au pédoncule, faisceaux qui, dans la fleur, constituent le système fasciculaire des sépales.

Les faisceaux des pétales, par contre, proviennent de la partie centrale de l'axe floral ; ce sont des faisceaux purement caulinaires, par conséquent. Ils sont de même origine que les faisceaux des étamines et des carpelles, mais ils naissent avant ces derniers.

Enfin, on peut dire avec van Tieghem que les faisceaux staminaux proviennent chez les Liliacées directement de l'axe et non des appendices à l'inverse des Primulacées. Chez ces dernières, d'après les recherches de ce savant, les faisceaux staminaux proviennent du dédoublement des faisceaux pétalaires.

Je dois ajouter enfin, et ceci est important pour la deuxième partie de ce travail, que dans toutes les hampes quadrifoliées que j'ai examinées, le départ des faisceaux des feuilles dans le pédoncule coïncide très régulièrement avec le dédoublement des faisceaux de la zone centrale de la hampe.

Ce fait montre qu'il existe une certaine fixité dans l'épanouissement du système fasciculaire, de sorte que déjà à la base du pédoncule sa structure est définitive.

Cette fixité est très variable suivant les types floraux du *Paris quadrifolia* que je vais examiner plus loin.

(*A suivre.*)

---

# NOTES BIBLIOGRAPHIQUES

---

Rose Bracher. **Observations on *Euglena deses*** (*Annals of Botany*. vol. XXXIII, January 1919.)

On sait que certains organismes de la zone intercotidale disparaissent dans le substratum selon l'état de la marée. Ce phénomène a été bien étudié chez un Turbellarié ; le *Convoluta roscoffensis*. L'*Euglena deses* présente une périodicité vitale tout à fait comparable sur les vases de la rivière Avon où il se développe en amas verts. Les variations de la marée qui sont encore sensibles dans le cours inférieur de la rivière sont corrélatives de variations dans la visibilité de l'*Euglena*. Pendant l'obscurité et à marée haute les taches vertes disparaissent tandis que leur plus grande visibilité coïncide avec la marée basse et la luminosité maximum.

Pour pouvoir suivre au laboratoire les variations de l'Euglene, Mlle R. Bracher a imaginé un ingénieux appareil hydraulique qui permet de réaliser sur de la boue rapportée de la rivière, des alternatives d'immersion et d'émersion de même phase que les variations diurnes du niveau de la mer. L'auteur a montré qu'*Euglena deses*, éloigné de l'influence de la marée, continue à montrer une périodicité correspondant au flux et au reflux encore pendant 3 jours. A partir de cette époque les variations lumineuses influent seules : l'Euglene disparaissant dans le substratum pendant la nuit pour ne remonter qu'avec le jour. La température influe beaucoup sur la réponse au stimulus lumineux. En deçà de 2°5 et au-dessus de 25° il n'y a plus aucun mouvement vertical quelle que soit l'intensité lumineuse. Il y a entre ces deux extrêmes un optimum vers 15° pour lequel existe un temps de latence minimum entre l'excitation et la réponse.

Marcel Denis

A. C. Seward. **Antarctic fossil plants. British Museum Natural History**. *British antarctic « Terra Nova » expedition, 1910, Natural history report.* Geology, vol. I, n° I, p. 1-49 ; pl. I-VIII ; maps A-C ; text-figures 1-6. 1914.

Ce mémoire intéresse autant le phytogéographe que le géologue ou le paléobotaniste. Outre la description des végétaux fossiles découverts dans la dernière expédition du capitaine Scott, on y trouve des considérations d'ordre général sur la distribution des flores et sur le climat des temps permo-carbonifères, réflexions accompagnées d'une biographie complète sur ces sujets.

Parmi les fossiles étudiés, notons la découverte d'une tige silicifiée, à structure partiellement conservée, dans un bloc morainique du glacier de

Priestley (Terre Victoria du Sud). L'auteur en fait un genre nouveau, g. *Antarcticoxylon*, offrant à la fois des tendances vers les *Cordaites*, en particulier les *Mesoxylon*, et des affinités avec les *Araucarinées*. Le bois primaire semble avoir été à développement centrifuge et se montre constitué de trachées spiralées et de trachéides réticulés. Le bois secondaire, à rayons médullaires unisériés, rappelle les *Araucaria* par les ponctuations de ses trachéides.

M. Seward signale, dans une coupe de cet *Antarcticoxylon*, la présence d'un corpuscule rappelant les grains de pollen des *Abiétinées*.

Il discute aussi la question de l'âge de cette tige et considère comme probable l'attribution au *Mésozoïque inférieur* (Rhétien, Lias) du sommet des « *Beacon sandstone series* », remaniés dans le conglomérat morainique du glacier de Priestley.

La découverte la plus importante est celle d'empreintes de feuilles de *Glossopteris*, dans des schistes siliceux de l'île de Buckley, par 85° de latitude, à 300 milles du pôle sud. Le *Glossopteris indica*, dont il s'agit, a une ère de distribution étendue dans l'espace et le temps ; l'auteur conclut, du fait de sa présence à l'île de Buckley, à l'âge probablement permo-carbonifère de ces schistes à *Glossopteris indica*.

A propos de cette découverte, l'auteur développe des considérations générales sur les temps permo-carbonifères.

Durant le Dévonien supérieur et le Carbonifère inférieur, la flore apparaît comme uniforme : au Spitzberg, à l'île des Ours, de même que dans l'Amérique et l'Afrique du Sud et en Australie, la flore est représentée par des *Lepidodendron*, des *Bothrodendron*, des *Archæocalamites*, des *Rhacopteris*, etc... Vers la fin de l'ère carbonifère, dans l'Hémisphère Sud et dans l'Inde, apparaît la flore à *Glossopteris*, pauvre, si on la compare aux flores des bassins houillers de l'Hémisphère Nord. Dans la province méridionale les glaciers prennent une grande extension et les débris glaciaires alternent avec les dépôts à *Glossopteris*.

Dans la province du Nord (Amérique du Nord, Ancien Monde) la flore est riche en espèces (*Lepidodendron*, *Sigillaria*, *Cordaites*, etc.) et diffère de la flore à *Glossopteris*. Elle se développe autour des dépressions dans des marais ou vastes tourbières. Les glaciers ne paraissent pas recouvrir les continents du nord : les conditions géographiques et climatiques étaient bien différentes dans les deux provinces.

Une carte (B. dans le texte) indique l'étendue approximative de ces deux provinces et les points où des mélanges des deux flores ont été observés.

L'association de plantes appartenant aux deux provinces est relevée en Mongolie, Sibérie, Russie du Nord et rend probable l'existence d'un isthme ou d'une chaîne d'îles faisant communiquer les rivages opposés de la Thétys de Suess.

Le mélange de types septentrionaux avec la flore à *Glossopteris*, en Afrique et Amérique du Sud, peut être dû à la migration vers le Sud de types de la province septentrionale, aux confins des deux provinces, ou bien à la survivance, au Brésil ou au Transwaal, durant l'ère à *Glossopteris,* de genres apparus dans ces régions au Dévonien ou au Carbonifère inférieur (*pre-Glossopteris Flora*).

La découverte signalée dans la Terre Victoria du Sud donne un fondement à cette hypothèse : que la flore à *Glossopteris* a commencé par se différencier dans un continent antarctique. A. CARPENTIER.

# CHRONIQUES ET NOUVELLES

M. J. BEAUVERIE, Professeur adjoint à la Faculté des Sciences de Nancy, vient d'être nommé Professeur de Botanique à la Faculté des Sciences de Clermont-Ferrand.

* * *

L'Académie des Sciences a décerné les prix suivants pour l'année 1919 :

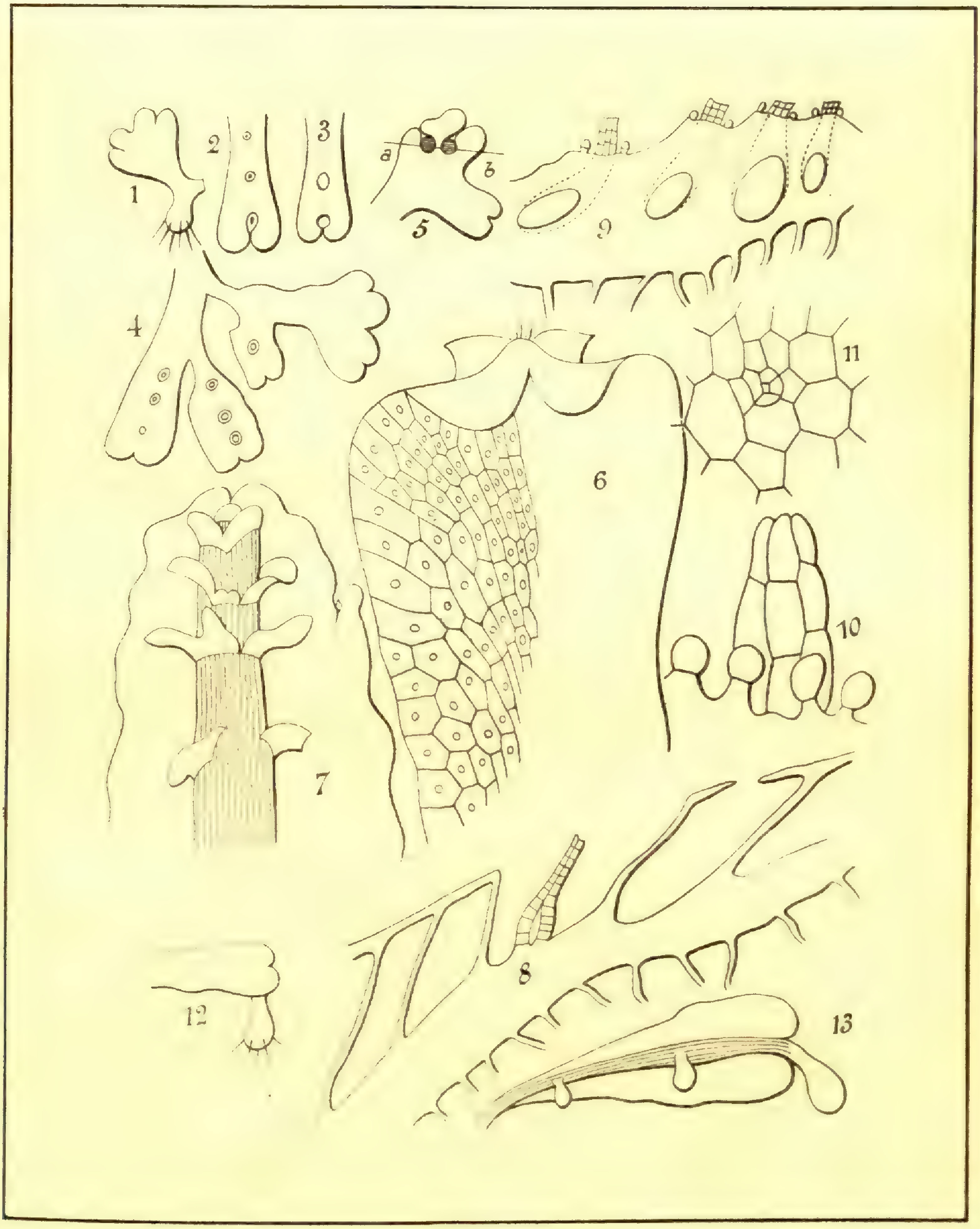
PRIX DE COINCY (Phanérogames), à M. Houard.

PRIX MONTAGNE (Cryptogames cellulaires), à MM. Moreau et Arnaud.

PRIX DE RUFZ DE LAVISON (Physiologie végétale), à M. R. Combes.

PRIX THORE (Cryptogames inférieurs), à M. Sartory.

Nemours.— Imp. Henri BOULOY. *Le Gérant :* Henri BOULOY


1
2
3
a
b
5
9
4
11
6
10
7
8
12
13

Douin, del. **Le Deley**, imp.

Riccinia

# RECHERCHES ANATOMIQUES

SUR LES

# VARIATIONS DU *PARIS QUADRIFOLIA* L.

**par Mme Valentine-Charles GATIN**

*(fin)*

## II. PARISETTE A 5 FEUILLES ET A FLEUR 5.5.10.5.

Adressons-nous, à présent, à une hampe 5-foliée, à fleur construite sur un type 5 parfait : 5.5.10.5.

D'après Dutailly qui a spécialement étudié les hampes pentaphylles, une section transversale de cette hampe vers son milieu ne se différencie de celle de la hampe à 4 feuilles que parce que chacune des 3 zones de faisceaux a un faisceau de plus que cette dernière. Les zones externe et moyenne de la hampe à 5 feuilles ont donc chacune 9 faisceaux et la zone centrale 5. Les 3 faisceaux surajoutés proviennent du dédoublement d'autant de faisceaux de la hampe à 4 feuilles.

Comment ces faisceaux se distribuent-ils entre les feuilles ? Nous avons vu que, quand la hampe possède 4 feuilles, chaque feuille reçoit un gros faisceau, 2 petits et 2 demi-faisceaux. Partant de là, il est aisé de comprendre que les 2 nouveaux faisceaux surajoutés aux 2 zones libéro-ligneuses extérieures, ne suffisent pas à la 5e feuille, la laissant en quelque sorte en déficit. Elle n'a plus, en effet, pour constituer ses nervures que deux demi-faisceaux *A* (fig. 10) et un petit intercalé entre eux, qui en s'épaississant, forme la nervure médiane.

Les hampes à 5 feuilles présentent deux cas : ou bien la 5e feuille est légèrement plus petite que les autres, ou bien elle est de même dimension. Le nombre des nervures qui est de 5, est constant. Les deux demi-faisceaux en passant dans la 5ᵉ feuille subissent une division de telle sorte que tout d'abord moins riche en faisceaux libéroligneux, elle posséde, comme les autres feuilles, le même nombre de nervures.

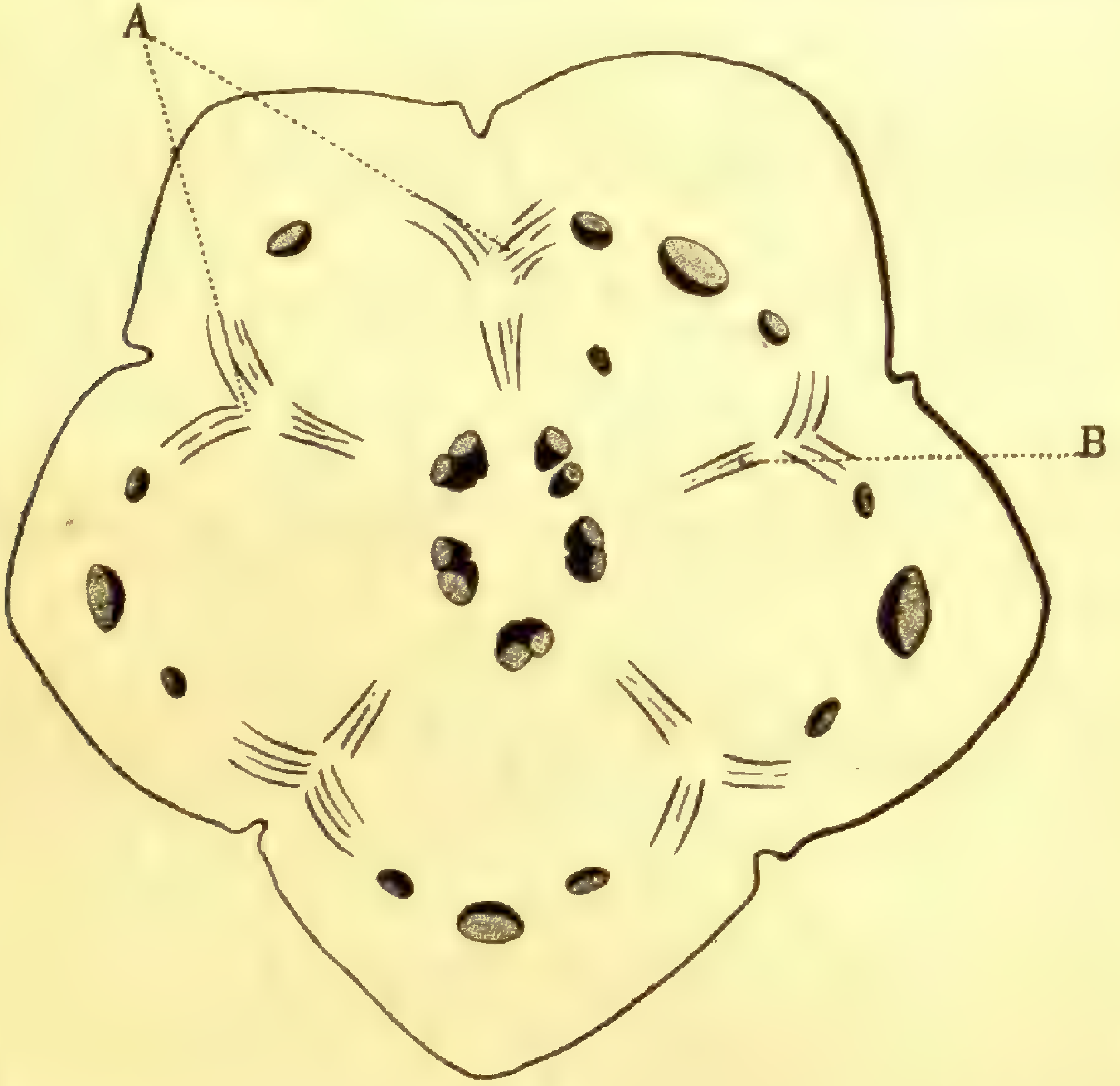


Fig. 10. — Coupe transversale d'une hampe pentaphylle à fleur 5. 5. 10. 5. au niveau du verticille foliaire. *A*, faisceaux se divisant entre deux feuilles voisines ; *B*, faisceaux foliaires destinés au pédoncule.

Quoi qu'il en soit, les 5 faisceaux *A* de la zone moyenne, en se divisant, comme l'indique la même figure, au moment de passer dans les feuilles, détachent 5 branches vasculaires *B*. Comme dans les hampes à 4 feuilles à fleurs tétramères, ces branches se dirigent vers les 5 faisceaux de la zone centrale. Ceux-là se divisent à leur tour et donnent 5 rameaux fasciculaires. Ces derniers s'inclinent au dehors et se disposent sur un cercle alterne avec le cercle formé par les 5 faisceaux venant des feuilles. Après avoir détaché ces 5 branches, les faisceaux de la zone centrale passent dans le pédoncule. Une section transversale de ce dernier (fig. 11) effectuée au-dessus du verticille foliaire présente 10 côtes ; 7 d'entre elles sont bien nettes, et 3 seulement à l'état d'ébauche.

La zone interne est formée par 5 faisceaux *I*; en dehors et autour d'elle les 10 faisceaux, dont on vient de voir la formation, sont disposés en deux cercles ; le plus externe formé de 5 faisceaux *S* et le moyen formé de 5 faisceaux *P* ; ces derniers se trouvent en alternance avec les faisceaux *I* d'une part et les faisceaux *S* d'autre part. Le système fasciculaire du pédoncule constitué par 15 faisceaux persiste ainsi jusqu'au réceptacle. Arrivé à ce niveau, il s'épanouit suivant le schéma indiqué pour les fleurs tétramères. En effet, les 5 faisceaux *S* se dirigent dans les 5 sépales et y subissent la division en 5 nervures. Il en est de même pour les 5 faisceaux *P* qui vascularisent les pétales en s'y résolvant en 3 nervures. Les 5 faisceaux de la zone interne se divisent suivant le même procédé que dans les fleurs tétramères et donnent le système fasciculaire de l'androcée et du gynécée. La zone interne fournit donc à la fleur : 5 faisceaux dorsaux des carpelles, 5 faisceaux pour les étamines épisépales, 5 autres pour les étamines épipétales et enfin 5 branches placentaires doubles. L'étude de l'ovaire montre que toutes les particularités signalées pour les fleurs tétramères se retrouvent ici. On constate la présence de glandes septales. Il en est de même pour la concrescence entre les bords internes des carpelles. On observe exactement les mêmes phénomènes de séparation, de sorte que la

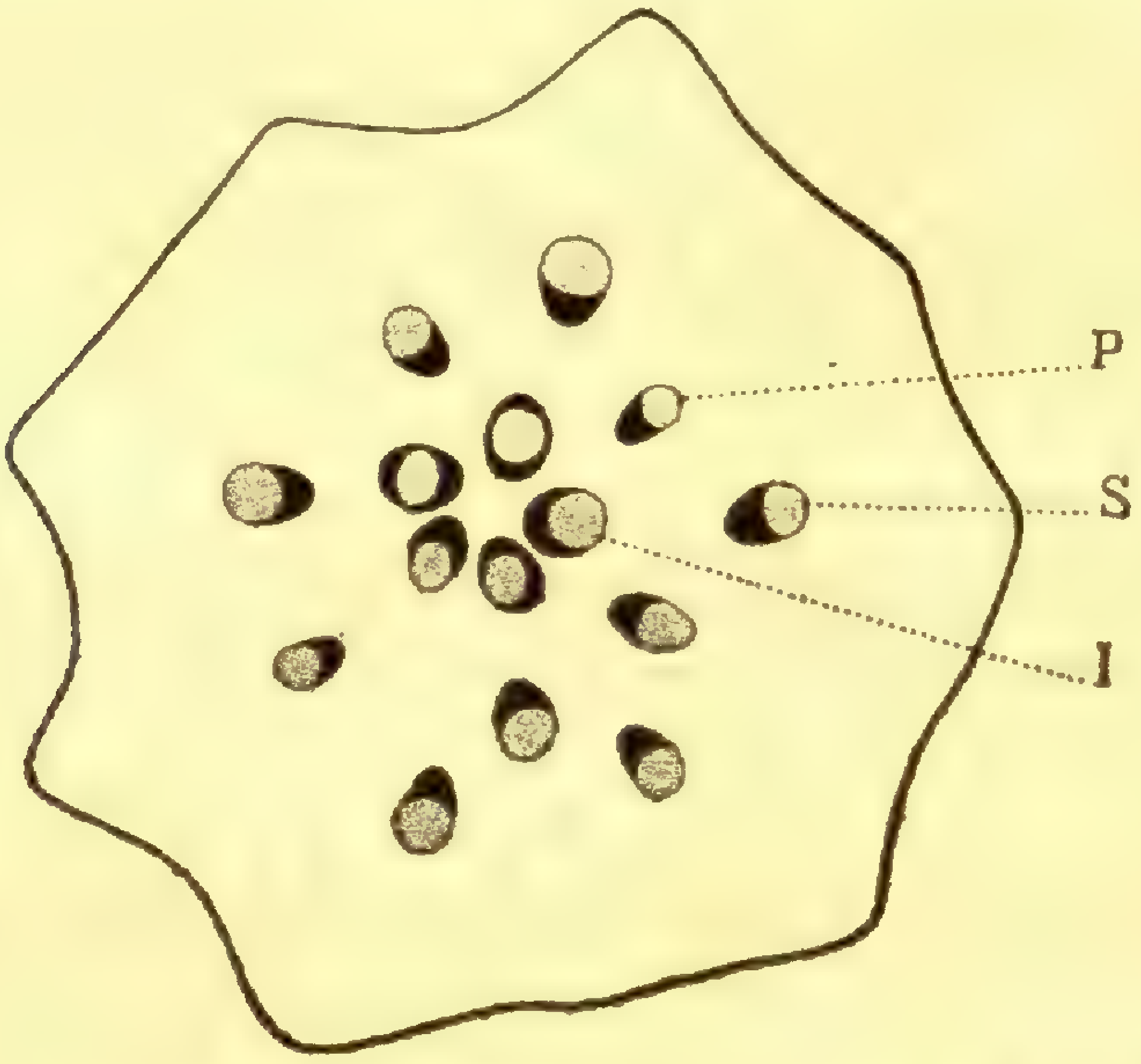


Fig. 11. — Coupe transversale du pédoncule d'une fleur 5. 5. 10. 5. *S*, faisceaux sépalaires ; *P*, faisceaux pétalaires ; *I*, faisceaux des étamines et des carpelles.

colonne placentaire n'existe plus au-dessus de la première ou de la deuxième série d'ovules. A ce point de vue, les fleurs pentamères ainsi que les fleurs tétramères présentent une grande ressemblance avec celles du *Paris polyphylla*.

Quant au canal stylaire, il se présente ici sous forme d'une étoile à 5 branches, au lieu de la forme en croix observée dans les fleurs tétramères.

Les conclusions que l'on peut tirer de la hampe 5-foliée peuvent se résumer ainsi : la présence d'un faisceau supplémentaire dans la zone moyenne de la hampe entraîne l'apparition d'une feuille supplémentaire. Partant, le verticille foliaire possède 5 feuilles. De plus, cette apparition est corrélative de celle d'un faisceau supplémentaire dans le pédoncule. En outre, la présence de ce nouveau faisceau du pédoncule entraîne l'apparition d'une pièce supplémentaire au calice.

De même, la formation d'un faisceau supplémentaire dans la zone centrale de la hampe retentit sur l'organisation des 3 autres verticilles floraux. Elle entraîne d'abord l'apparition d'un pétale supplémentaire. La tendance vers une symétrie pentamère continue à se montrer ; elle aboutit enfin à un type complètement pentamère par la formation de 10 étamines et de 5 carpelles.

L'étude anatomique que je viens de faire montre que le système fasciculaire d'une fleur pentamère est issu d'une hampe à symétrie tétramère. Elle vient à l'appui de l'idée émise par Dutailly. Cet auteur pense « qu'à côté des *Paris quadrifolia* à 4 feuilles, une forme de cette même plante se cherche, s'élabore et tend à s'établir avec le type 5. Un fait capital, c'est que présentement, cette forme à 5 feuilles existe en Asie, mieux dégagée, mieux assise, bien que ses contours ne soient pas encore tout à fait arrêtés. »

Et, d'ailleurs, le tableau des variations florales subies par les hampes pentaphylles, ne montre-t-il pas toutes les transitions possibles entre les types floraux 4 et 5 ?

L'une des variations les plus fréquentes est présentée par les hampes à 5 feuilles se terminant par les fleurs du type 4 parfait 4. 4. 8. 4. C'est à l'étude anatomique de cette variation que je vais passer à présent.

### III. PARISETTE A 5 FEUILLES ET A FLEUR 4.4.8.4.

Une section vers le milieu de cette hampe présente exactement la même disposition des faisceaux que dans les hampes quadrifoliées. Mais un peu plus haut, comme dans les hampes 5-foliées, un des faisceaux de la zone moyenne se divise en 2 ; il en est de même pour un des petits faisceaux de la zone externe. Lorsque cette division s'est accomplie, les deux zones possèdent chacune 9 faisceaux, comme dans les hampes 5-foliées, à fleur pentamère. Par contre, la zone centrale, formée de 4 faisceaux, persiste sans subir de modifications.

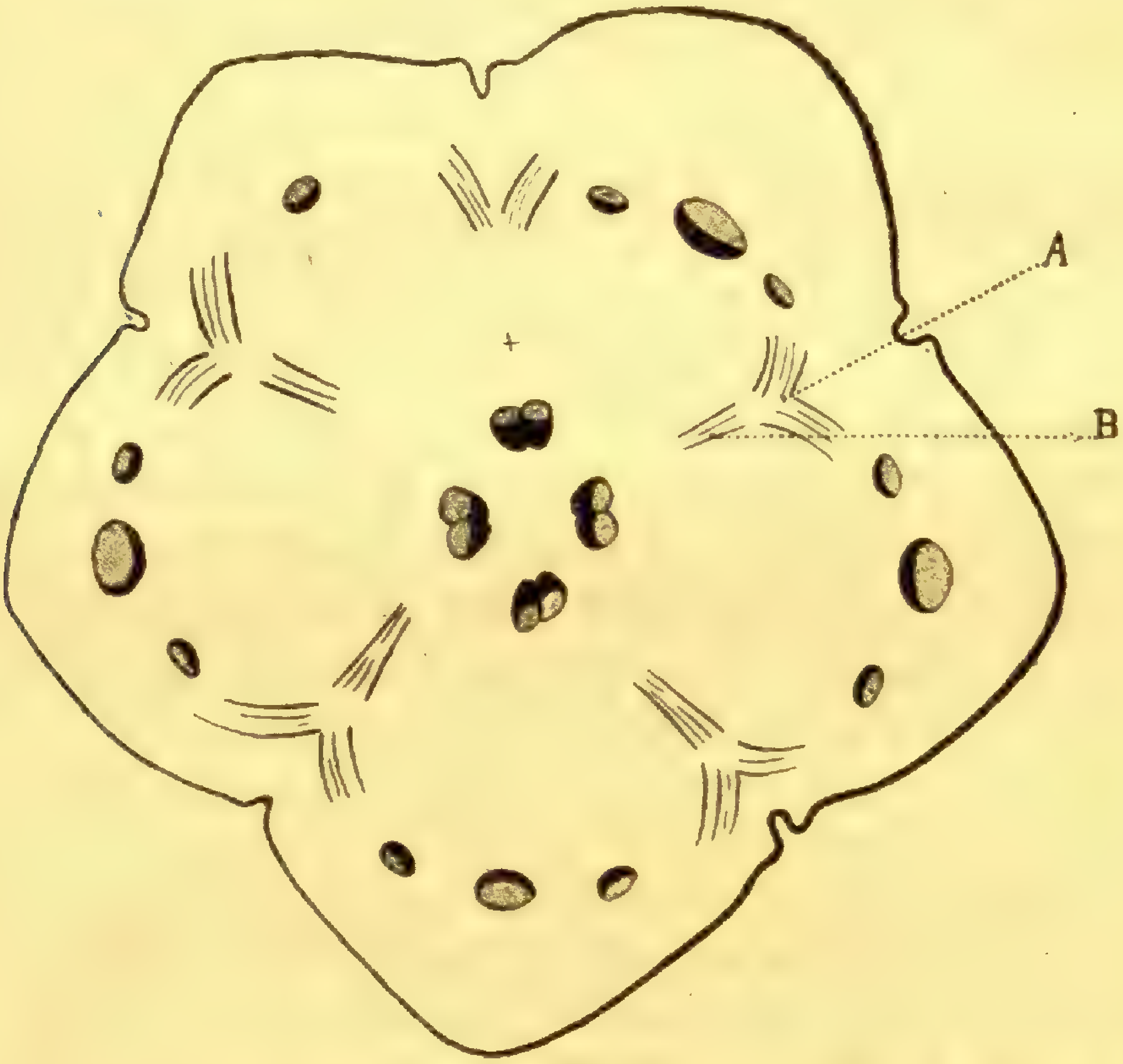


Fig. 12. — Coupe du verticille foliaire d'une hampe pentaphylle à fleur 4. 4. 8. 4 ; +, faisceau qui manque ; *A*, faisceau se divisant entre 2 feuilles voisines ; *B*, faisceau destiné au pédoncule.

Les faisceaux des deux zones externes se distribuent dans les 5 feuilles absolument comme dans le cas précédent. Mais les faisceaux *A* de la zone moyenne, au lieu de détacher 5 branches fasciculaires pour le pédoncule, n'en donnent que 4 (fig. 12).

A ce moment les 4 faisceaux de la zone centrale se dédoublent. Les 4 nouvelles branches provenant de cette division se déjettent à l'extérieur, et viennent se placer en alternance avec les 4 faisceaux venus des feuilles. Après leur départ, les 4 faisceaux de la zone centrale passent dans le pédoncule. Dès lors ce dernier se trouve constitué absolument comme le pédoncule de la fleur tétramère, née sur une hampe quadrifoliée. En effet, comme dans le premier cas examiné, il présente une symétrie tétramère qui, désormais, persiste jusqu'au bout.

L'étude de la fleur et des divers états par lesquels passe son système de faisceaux montre une ressemblance absolue avec ce qui a eu lieu dans la fleur tétramère ; il est donc inutile d'y revenir. Je n'insisterai que sur le point suivant. Le système fasciculaire de la hampe s'organisait avec une tendance vers la symétrie pentamère dans les deux zones externes de faisceaux. Cette symétrie s'est, en effet, manifestée, par l'apparition d'une feuille supplémentaire. Mais ensuite, au cours du développement, la tendance vers la pentamérie a subi un arrêt et comme une sorte de rappel vers le type 4.

Il en est résulté la suppression du 5$^e$ faisceau du pédoncule et partant du 5$^e$ sépale. De plus, l'arrêt dans la division des faisceaux de la zone centrale a retenti sur l'organisation des 3 autres verticilles floraux.

## IV. PARISETTE A 5 FEUILLES ET A FLEUR ANORMALE 5. 4. 9. 5.

Dans la fleur que je vais étudier à présent, les 2$^e$ et 3$^e$ verticilles floraux ont été frappés à la fois par la variation. Malheureusement, je ne disposais pas de la hampe entière et n'ai pu suivre le passage de faisceaux dans le verticille foliaire. Je n'ai pu, par conséquent, assister à la formation des faisceaux du pédoncule. Cependant, d'après la structure de ce dernier et les exemples étudiés plus haut, il sera aisé de comprendre leur provenance.

Une section transversale dans la région moyenne du pédoncule présente, comme l'indique la figure 13, 9 côtes, dont l'une n'est qu'ébauchée.

La zone interne est formée de 4 faisceaux, disposés en 2 groupes de deux. En dehors et autour d'eux 9 faisceaux se trouvent distribués en 2 cercles alternes. Le cercle le plus externe est formé de

5 faisceaux *S*, tandis que le cercle moyen ne renferme que 4 faisceaux *P*. En comparaison, avec une fleur complètement pentamère, il manque 1 faisceau dans les cercles interne et moyen. D'après ce que l'on sait sur la formation des faisceaux du pédoncule, on peut dire que les 5 faisceaux du cercle externe proviennent des faisceaux de la zone moyenne de la hampe. Il est à supposer que ces derniers se divisent comme dans les hampes 5-foliées à fleur pentamère et détachent 5 faisceaux pour le pédoncule. La tendance vers la pentamérie, après s'être manifestée dans le verticille foliaire, se répète dans le premier verticille floral. En effet, comme dans une hampe complètement pentamère, la présence d'un faisceau supplémentaire dans le pédoncule entraîne la formation du 5$^e$ sépale. Par contre, la zone interne, formée de 4 faisceaux, qui doivent donner les branches fasciculaires du pédoncule, n'envoie que 4 de ces branches. Ceci explique l'absence du 5$^e$ faisceau *P* qui devait alterner avec les faisceaux *S* dans le pédoncule et l'absence du 5$^e$ pétale dans la fleur. La structure du pédoncule telle qu'elle vient d'être décrite reste sans modification jusqu'au réceptacle.

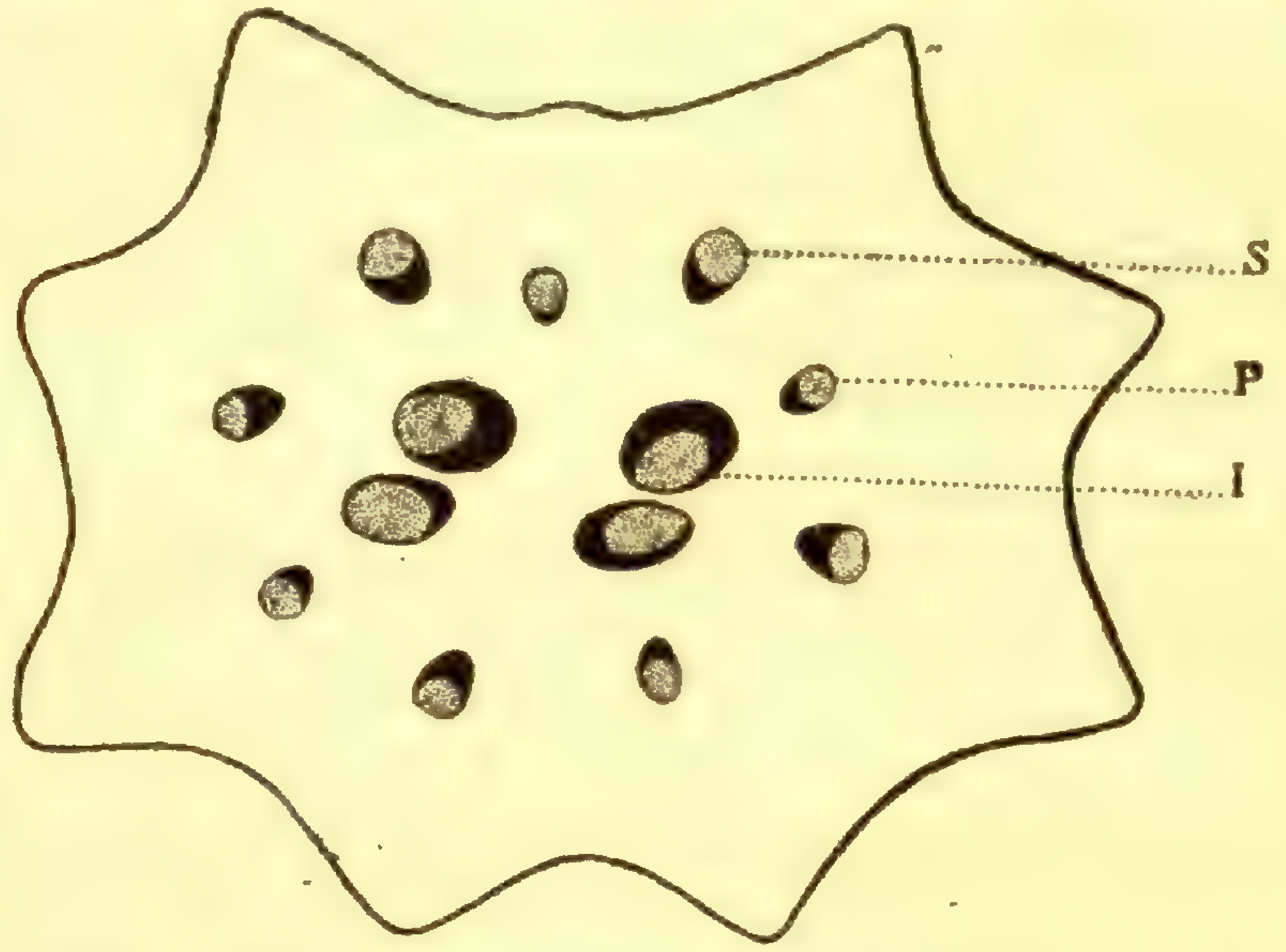


Fig. 13. — Coupe transversale du pédoncule d'une fleur 5. 4. 9. 5 ; *S*, faisceaux sépalaires ; *P*, faisceaux pétalaires ; *I*, faisceaux des étamines et des carpelles.

Arrivés à ce niveau, les 5 faisceaux *S* se dirigent dans les 5 sépales, les 4 faisceaux *P* passent dans les pétales. D'après les exemples déjà étudiés, on pourrait supposer que la zone interne donne l'androcée et le gynécée à symétrie tétramère. Or, notre fleur a 9 étamines et 5 carpelles. Il s'est donc produit au cours du développement une modification dans la différenciation et la division des faisceaux.

Une coupe un peu plus haut dans la fleur m'a montré que deux faisceaux de la zone interne se sont confondus et se sont étalés en largeur. La masse libéro-ligneuse qui résulte de cette union se divise ensuite progressivement en 3 faisceaux de sorte que finalement la zone interne est formée par 5 faisceaux. Désormais, elle donne, comme dans les fleurs pentamères, 5 faisceaux pour les étamines épisépales, 5 autres faisceaux pour les étamines épipétales, 5 faisceaux dorsaux des carpelles et 5 branches placentaires. On constate que le système fasciculaire de l'androcée se forme primitivement avec une symétrie pentamère parfaite. Mais, si on suit la course des faisceaux staminaux, on ne tarde pas à s'apercevoir que le faisceau staminal, superposé au faisceau pétalaire absent, disparaît plus haut dans la fleur.

L'étude de l'ovaire montre une ressemblance absolue avec la structure de l'ovaire d'une fleur pentamère. Il est inutile d'y revenir.

En résumé, l'examen que je viens de faire de la fleur anormale présente une étape intermédiaire entre les types floraux 4 et 5 avec une tendance marquée vers la pentamérie.

En outre, ici, comme dans l'exemple précédent, il se produit au cours du développement un ralentissement et un arrêt dans la division des faisceaux de la zone centrale de la hampe. Il s'en suit une suppression d'un faisceau pour le pétale supplémentaire. Ensuite le même phénomène supprime un faisceau staminal, coïncidant ainsi avec l'avortement d'une étamine.

En général, la disparition des faisceaux destinés à l'un ou l'autre verticille floral s'observe très fréquemment. J'ai pu observer des cas nombreux où le système fasciculaire du pédoncule présentait au moment de sa formation une symétrie pentamère parfaite. Puis un peu plus haut dans la fleur, un ou plusieurs faisceaux du même verticille s'arrêtaient dans leur développement, supprimant ainsi la pièce florale qu'ils devaient vasculariser. Il en est de même dans les cas : 5. 3. 10. 5 ; 5. 2. 10. 5. De plus, il arrive très souvent qu'un faisceau dans l'un des 4 verticilles floraux se dédouble, ce qui entraîne l'apparition d'une pièce floralé supplémentaire.

Il existe également des cas de soudure entre les éléments vasculaires de deux pièces florales voisines, entraînant la suppression de l'une d'elles.

Mais d'une manière générale, le nombre des feuilles dépend du nombre de faisceaux de la zone moyenne de la hampe. Le nombre des sépales est en étroite relation avec le nombre des feuilles et dépend en plus de la manière dont se fait la distribution des faisceaux entre les feuilles. Le nombre des pétales, des étamines et des carpelles dépend du nombre des faisceaux de la zone centrale de la hampe.

## V. PARISETTE A 3 FEUILLES

Dutailly a étudié la structure des hampes trifoliées et la distribution des faisceaux entre les feuilles, mais il n'avait à sa disposition que des plantes stériles.

De mon côté, j'ai examiné une Parisette trifoliée à fleur trimère 3. 3. 6. 3. et une hampe à fleur anormale 4. 3. 8. 4.

### a. Parisette à 3 feuilles et à fleurs 3. 3. 6. 3.

Dans ce cas, le rhizome présente une structure identique à celle d'un rhizome qui porte une hampe quadrifoliée. La différence essentielle consiste en ce que *trois* faisceaux *a*, *b*, *c*, (fig. 14) du rhizome

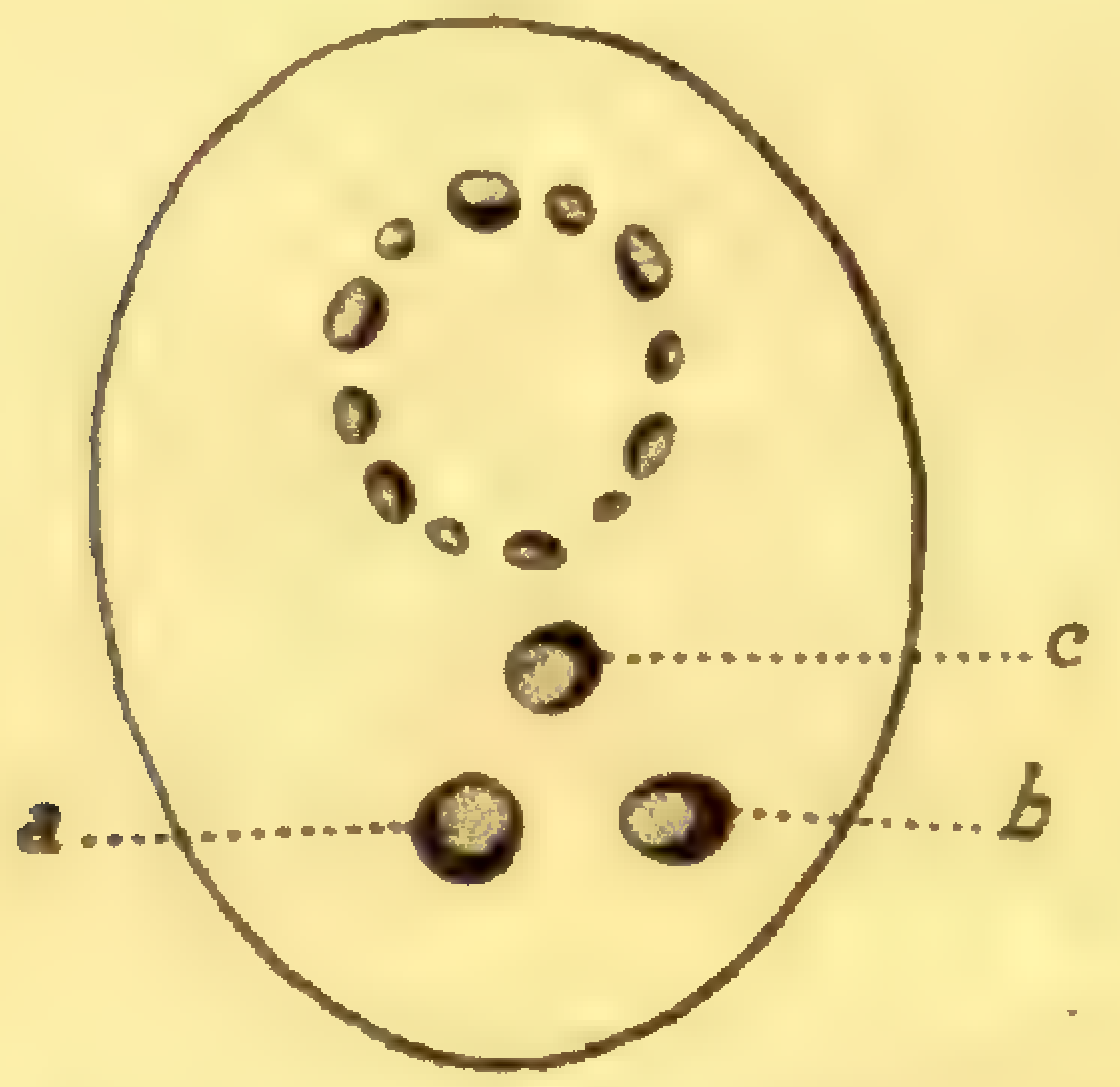


Fig. 14. — Coupe transversale du rhizome au niveau de l'insertion de la hampe trifoliée ; *a*, *b* et *c*, faisceaux qui lui sont destinés.

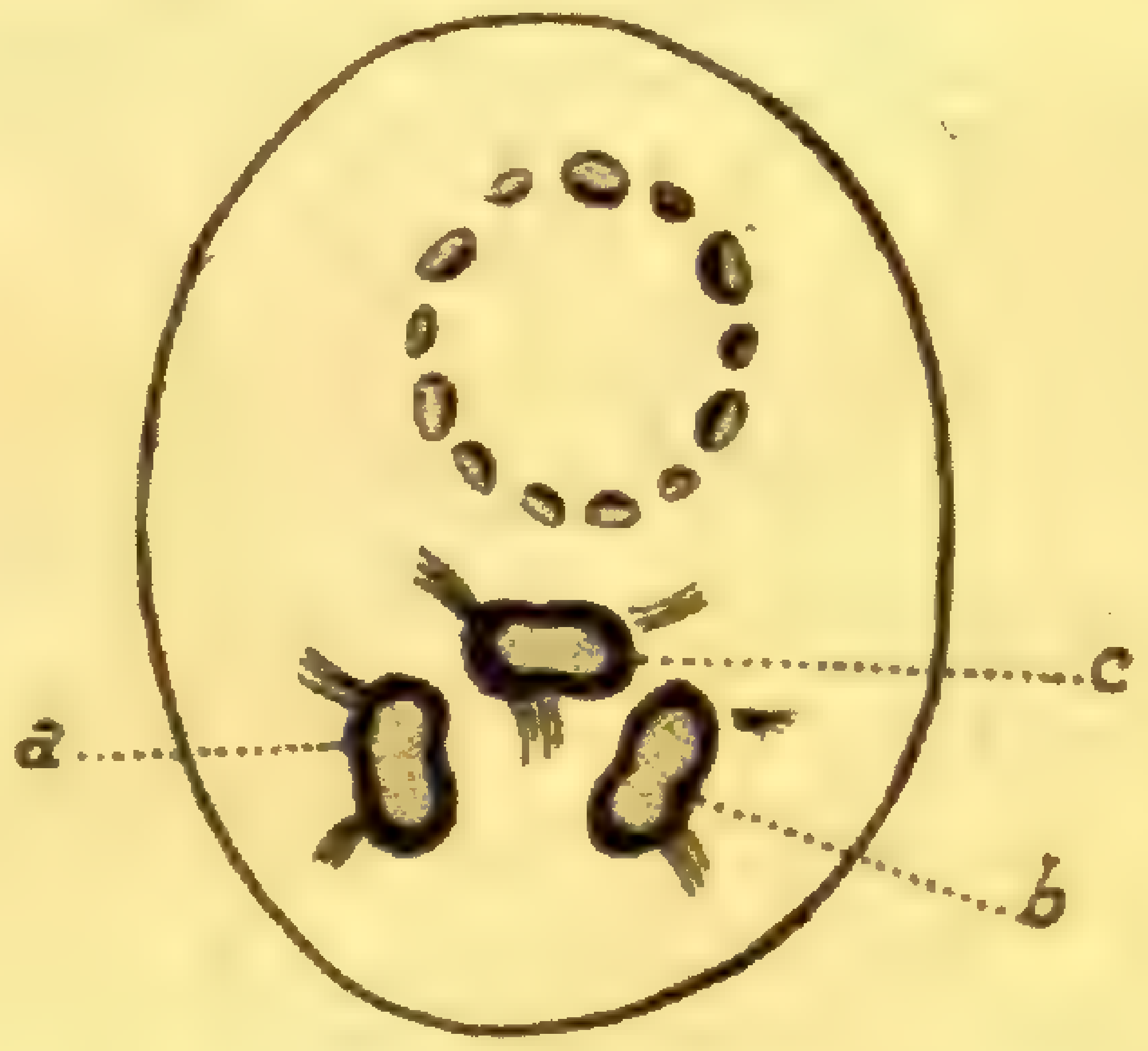


Fig. 15. — Coupe du même rhizome au-dessus de la précédente. Faisceaux *a*, *b* et *c*, en voie de division.

se raccordent à ceux qui se différencient dans le méristème du bourgeon renfermant la jeune hampe. Après leur réunion, ces faisceaux se disposent en triangle et donnent par division tout le système fasciculaire de la hampe adulte. Des coupes successives faites au niveau du nœud montrent (fig. 15) que chacun de ces faisceaux s'élargit et se divise en deux. Les 6 nouveaux faisceaux se disposent en cercle. En même temps, l'un d'eux détache une branche fasciculaire qui se dirige à l'intérieur du cercle.

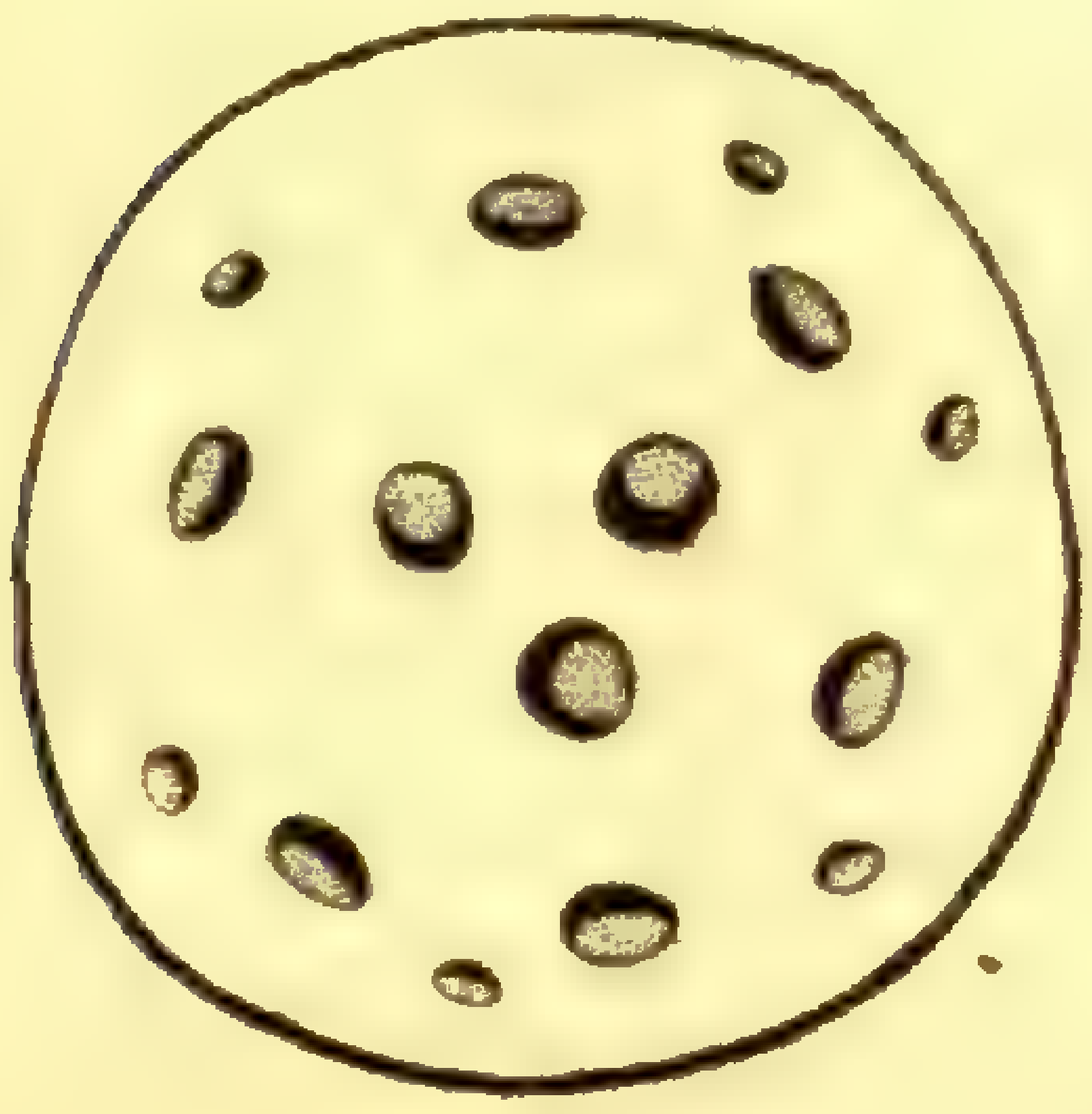


Fig. 16. — Coupe transversale d'une hampe trifoliée à fleur 3. 3. 6. 3, montrant les trois zones de faisceaux.

Cette branche centrale subit à son tour une division d'abord en deux faisceaux. Puis un de ces nouveaux faisceaux se divise encore en deux, de sorte que finalement, trois faisceaux occupent le milieu du cercle, constituant la zone centrale de la hampe (fig. 16).

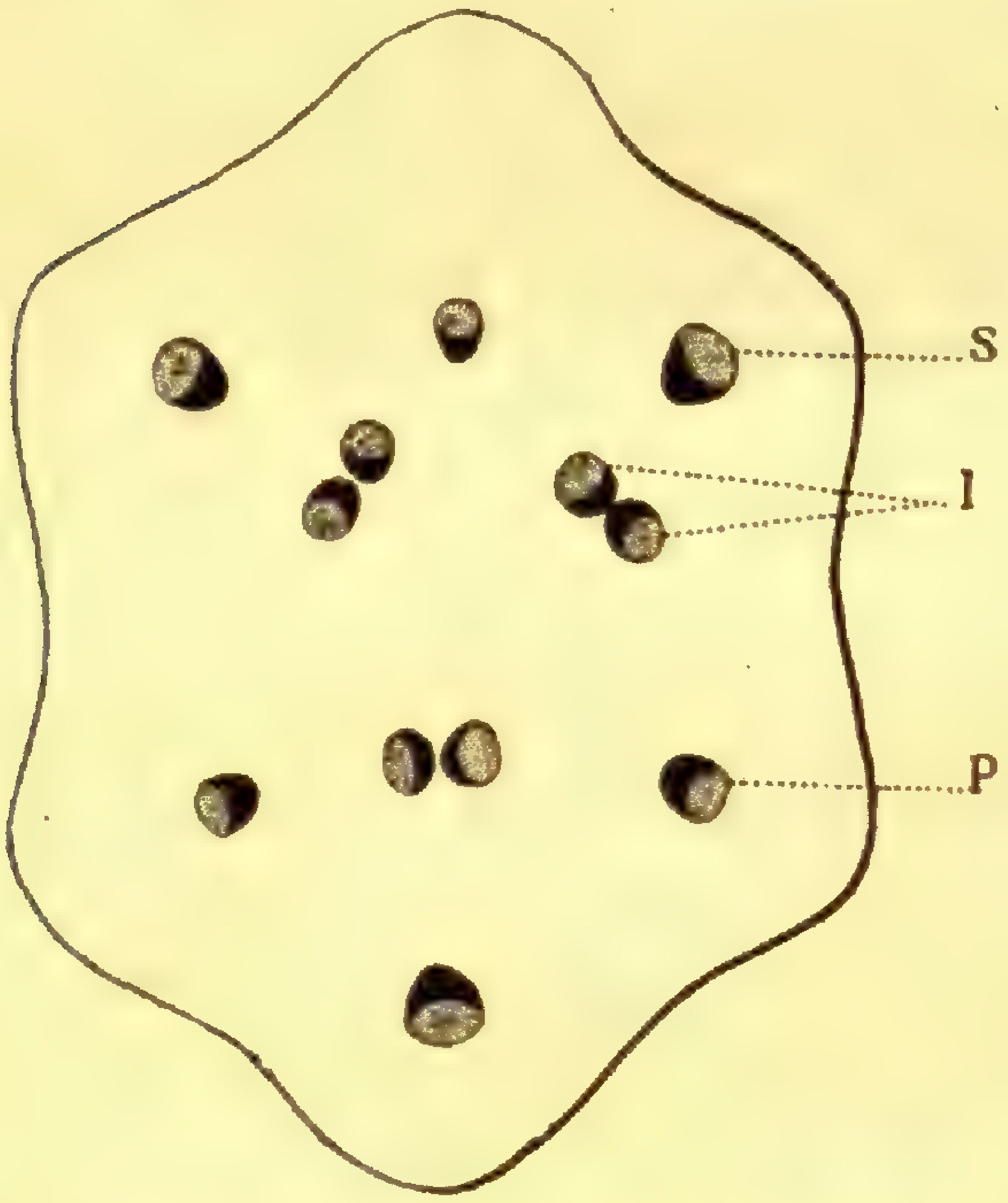


Fig. 17. — Coupe transversale du pédoncule d'une fleur 3. 3. 6. 3. *S*, faisceaux sépalaires ; *P*, faisceaux pétalaires ; *I*, faisceaux des étamines et des carpelles.

Au même moment, chacun des 6 faisceaux entourant la zone centrale envoie une petite branche qui s'incurve au dehors. Ces nouveaux 6 petits faisceaux se disposent en alternance avec les 6 gros faisceaux ; ils constituent la zone externe de la hampe, tandis que les gros qui leur donnent naissance, forment la zone moyenne.

La répartition des deux zones de faisceaux entre les trois feuilles s'effectue suivant le schéma indiqué par Dutailly. Chaque feuille enlève un faisceau, deux demi-faisceaux et deux petits faisceaux. Si un petit faisceau supplémentaire passe dans une feuille il se confond, soit avec le gros faisceau, soit avec le demi-faisceau. Son arrivée ne change pas le nombre des nervures qui est toujours de 5.

Quoi qu'il en soit, les 3 gros faisceaux de la zone moyenne, en se divisant à leur passage dans les feuilles, détachent 3 branches fasciculaires. Celles-ci, comme dans tous les cas examinés, se dirigent vers la zone centrale de la hampe. Au même moment, les 3 faisceaux de cette dernière se dédoublent. Les 3 nouvelles branches provenant de cette division se dirigent au dehors et se disposent en alternance avec les 3 faisceaux venus des feuilles. Après avoir détaché ces rameaux fasciculaires, les faisceaux de la zone centrale se bifurquent mais sans se séparer et passent ainsi dans le pédoncule.

Une section effectuée dans ce dernier, immédiatement au-dessus de l'insertion des feuilles, se présente sous forme d'une étoile à 6 branches (fig. 17). Les 6 faisceaux périphériques, dont on a vu la formation, se disposent en deux triangles alternes. Le triangle externe est formé par 3 faisceaux *S*; les 3 faisceaux *P* constituent le triangle moyen. Les 3 faisceaux *I* de la zone centrale de la hampe, passent dédoublés dans le pédoncule et y occupent le centre formant la zone interne.

Désormais, le système fasciculaire du pédoncule présente une symétrie trimère parfaite et reste tel jusqu'au réceptacle. Parvenu à ce niveau, il s'épanouit suivant le mode observé dans les autres types floraux. Les 3 faisceaux *S* se dirigent dans les sépales, les 3 faisceaux *P* passent dans les pétales. Les premiers se divisent en 5 nervures, les derniers ne donnent que 3 nervures. Les branches doubles *I* de la zone interne s'approchent l'une de l'autre et se confondent ensemble ; puis les 3 faisceaux *I* ainsi agrandis subissent les fractionnements déjà décrits dans les autres types floraux. Ils donnent par conséquent 3 faisceaux pour les étamines épisépales, 3 autres pour les étamines épipétales, 3 faisceaux dorsaux des carpelles et 3 branches placentaires doubles. La structure de l'ovaire, formé ici par 3 carpelles, présente toutes les particularités signalées pour les fleurs tétramères et pentamères. La séparation entre les bords internes des carpelles se produit également dans les ovaires trimères. Le canal stylaire au lieu d'être quadrifurqué, comme dans les fleurs tétramères, se trouve ici trifurqué. Les glandes septales existent ici également très nettes.

Mais avant d'aller plus loin, revenons à la structure de la hampe trifoliée à fleur trimère. Elle présente une ressemblance frappante avec celle du *Trillium erythrocarpum*, étudié par Dutailly. Il aurait été du plus grand intérêt de connaître la structure de son rhizome, la formation et la distribution des faisceaux dans la hampe, les feuilles et la fleur de cette plante. Il est bien vraisemblable qu'une pareille étude aurait montré une grande analogie dans l'organisation de son système fasciculaire avec celui de la Parisette trifoliée. Le fait que les jeunes rhizomes du *Paris quadrifolia* reproduisent pendant plusieurs années des hampes trifoliées, avant de donner des hampes à 4 feuilles, ainsi que la ressemblance dans leur structure avec celle des *Trillium erythrocarpum* parlent en faveur de l'hypothèse de Dutailly. Cet auteur pense que nos *Paris* sont des *Trillium* évolués, mais tandis que les derniers montrent une grande fixité et sont, d'après son expression, en pleine période de repos, les *Paris* sont au contraire en évolution active.

Quoi qu'il en soit, la ressemblance existant entre les Parisettes trifoliées à fleurs trimères et les *T. erythrocarpum* montre la grande affinité de ces deux plantes. Par conséquent, elles peuvent être considérées comme des types de passage entre les autres *Trillium* et les diverses formes de *Paris quadrifolia*.

### b. Parisette à 3 feuilles et à fleur 4. 3. 8. 4.

Une section transversale de la hampe à 1 cm. au-dessous des feuilles présente la même structure que dans le cas précédent, mais la zone centrale est formée seulement de deux faisceaux. La répartition des faisceaux entre les feuilles s'effectue également de la même manière. A ce moment, l'un des faisceaux de la zone centrale se divise en deux, de sorte que cette dernière contient finalement 3 faisceaux. La formation des faisceaux du pédoncule se produit comme dans le cas précédent. Il en résulte que ce pédoncule présente la même structure que dans la fleur 3. 3. 6. 3. Mais au niveau du réceptacle, au moment où les faisceaux des sépales se divisent en nervures, l'un d'eux se bifurque. Puis chaque branche ainsi formée donne également 5 nervures, moins fortes cependant que celles des autres sépales. Les deux sépales qui les emportent sont moins riches en éléments libéro-ligneux, mais cette différence est si peu sensible, qu'au point de vue morphologique elle peut passer inaperçue.

Pendant ce temps, un faisceau de la zone interne, superposé au faisceau du sépale bifurqué, se divise à son tour en deux. Ainsi la zone interne se trouve constituée par 4 faisceaux. Désormais, la symétrie tétramère qui vient de se manifester, persiste jusqu'au bout. Les 4 faisceaux de la zone interne se divisent comme dans une fleur tétramère et donnent : 4 faisceaux pour les étamines épisépales, 4 pour les étamines épipétales, 4 faisceaux dorsaux des carpelles et 4 branches placentaires doubles. L'ovaire, constitué par 4 carpelles, présente la même structure que dans la fleur prise pour type.

En résumé, l'étude de cette fleur anormale, née trimère, montre la possibilité du passage de ce type au type tétramère, au cours du développement.

## VI. PARISETTE A 6 FEUILLES ET A FLEUR 5.5.10.5.

La structure du rhizome étant absolument identique à celle des rhizomes portant des tiges quadrifoliées et trifoliées, je ne signalerai que les différences dans le raccordement des faisceaux destinés à la hampe.

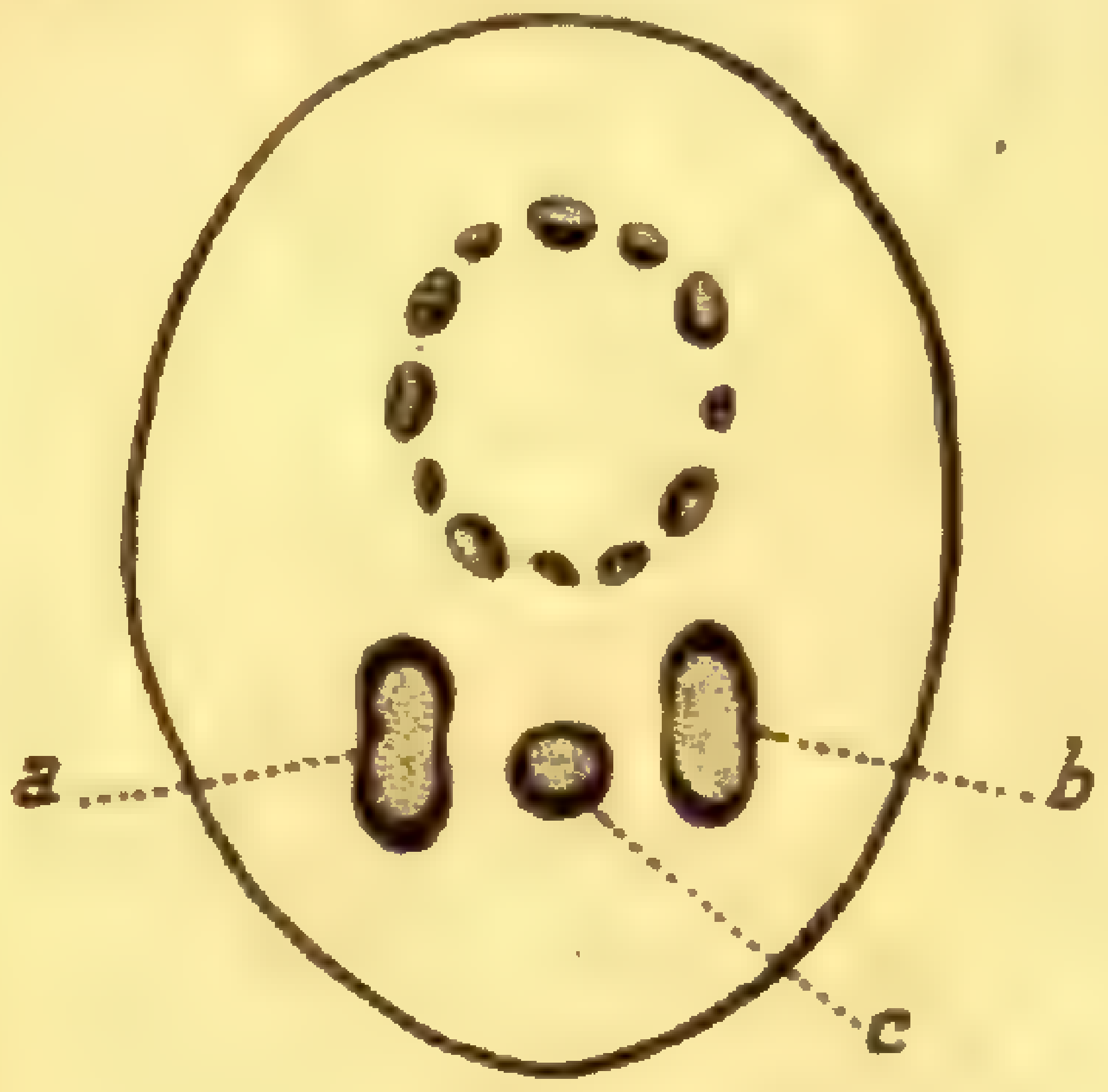


Fig. 18. — Coupe transversale du rhizome au niveau de l'insertion de la hampe 6-foliée ; *a*, *b* et *c*, faisceaux qui lui sont destinés.

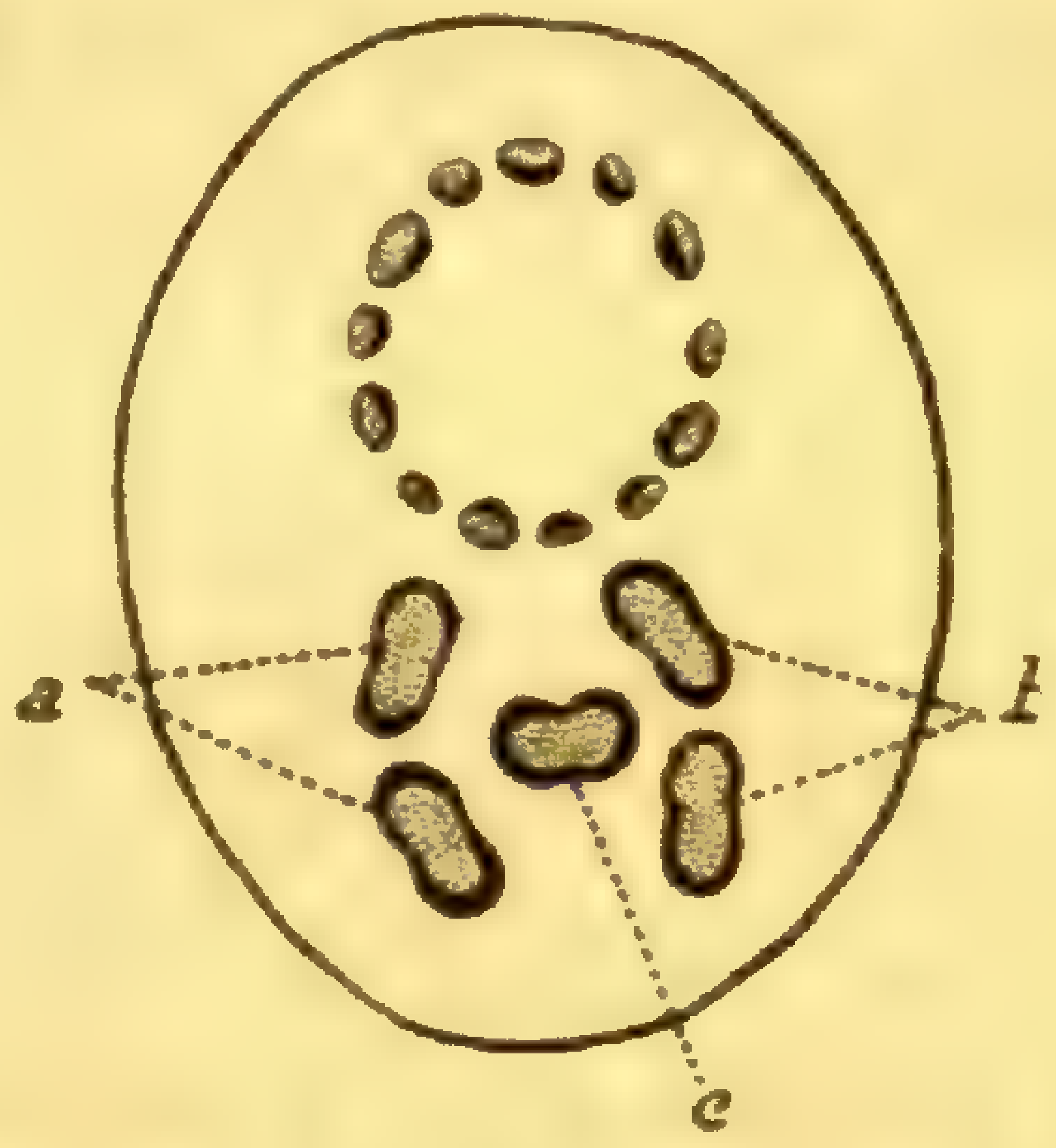


Fig. 19. — Coupe du même rhizome au-dessus de la précédente ; faisceaux *a*, *b* et *c* en voie de division.

Comme dans les Parisettes trifoliées, *trois faisceaux du rhizome* s'unissent à ceux qui se sont différenciés dans le méristème primitif du bourgeon. Mais au lieu de se distribuer en triangle, ils se placent tous les trois sur la même ligne (fig. 18). Immédiatement après, les deux faisceaux latéraux se divisent chacun en deux. Les 4 faisceaux provenant de cette division se disposent suivant un carré autour du faisceau central *c* (fig. 19). Ce dernier se divise à son tour d'abord en deux. Puis chacun des 4 faisceaux périphériques se divise encore en deux, portant le nombre de faisceaux à 8. En même temps, ils détachent le même nombre de petites branches qui se placent au dehors et en alternance avec les faisceaux qui les ont produits. Les petites branches constituent la zone externe de la hampe, les 8 gros faisceaux forment la zone moyenne, tandis que la zone centrale contient le faisceau médian en voie de division.

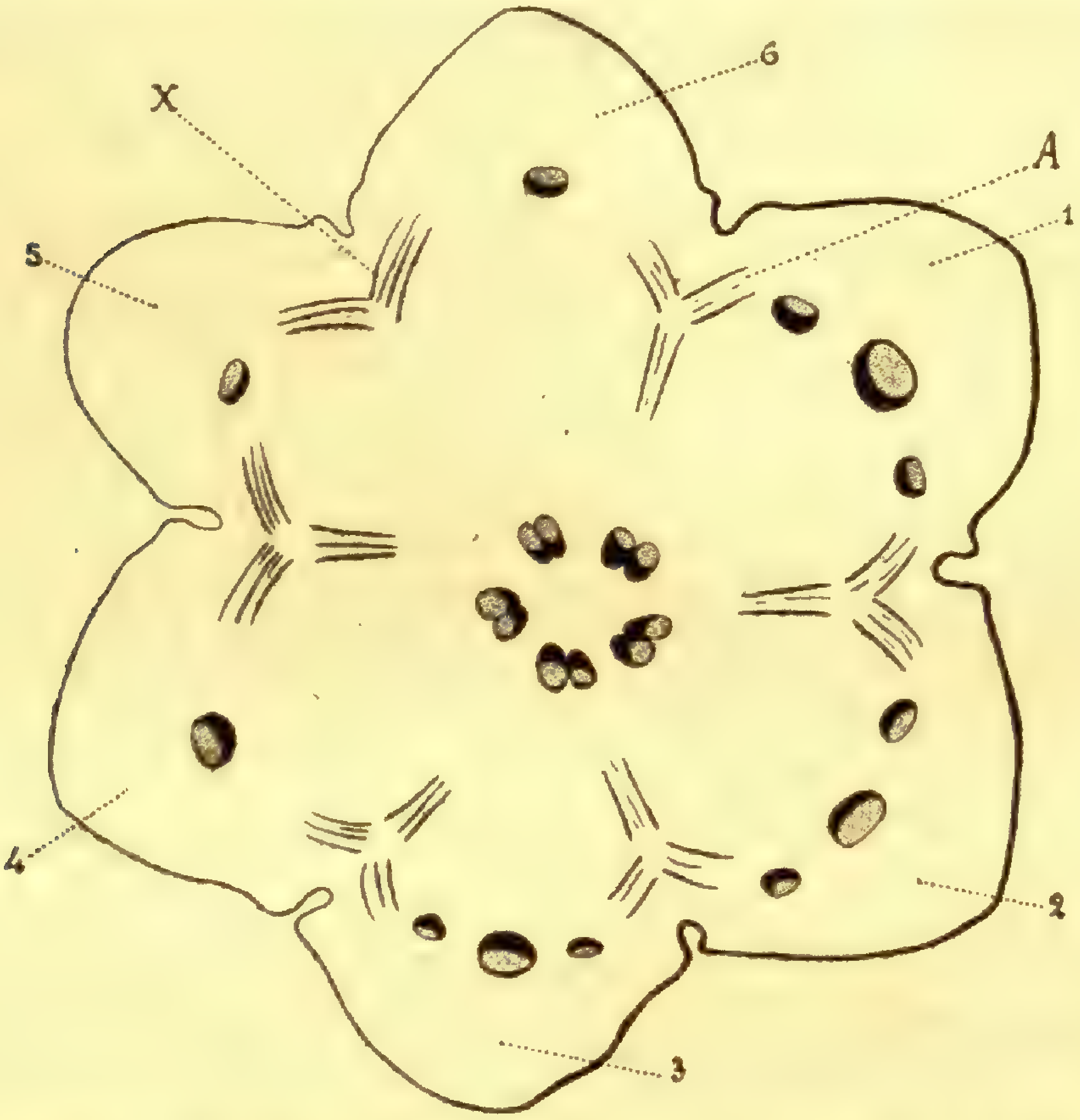


Fig. 20. — Coupe transversale du verticille foliaire d'une hampe 6-foliée à fleur 5. 5. 10. 5 ; +, faisceau manquant.

Cet état de choses ne dure pas et l'un des 8 faisceaux de la zone moyenne et un petit faisceau se dédoublent, de sorte que ces deux zones possèdent 9 faisceaux. Le faisceau central finit par se diviser en deux, ensuite en trois branches. Puis chacune d'elles commence à ébaucher une nouvelle bipartition de manière à donner 6 faisceaux. Il faut de suite remarquer que l'une des 3 branches, moins forte que les deux autres subit un retard et enfin l'arrêt dans la division, de sorte que finalement la zone centrale est constituée par 5 faisceaux. Les faisceaux des deux zones externes se distribuent entre les 6 feuilles comme l'indique la figure 20. Les feuilles 1, 2, 3 enlèvent chacune 1 faisceau, 2 demi-faisceaux et 2 petits faisceaux. Les feuilles 4, 5 et 6 n'ont pour constituer leurs nervures que 2 demi-faisceaux et un petit intercalé entre eux. Ces trois feuilles sont un peu plus faibles que les autres, mais elles ont 5 nervures comme les 3 autres feuilles. En effet, les demi-faisceaux latéraux se divisent chacun en 2, donnant 4 nervures latérales, tandis que le petit faisceau forme la nervure médiane.

Quoi qu'il en soit, les 5 faisceaux *A* (fig. 20) de la zone moyenne, en se divisant, à leur passage dans le verticille foliaire, détachent 5 branches fasciculaires. Comme on l'a observé dans tous les autres cas, ces branches se dirigent vers la zone centrale de la hampe et s'y disposent en alternance avec les 5 faisceaux qui la constituent.

Si les choses se passaient normalement, le faisceau *X* en se divisant aurait envoyé également une branche, mais comme l'indique la même figure, cette branche fasciculaire subit un arrêt dans son développement. Dès lors, le pédoncule emporte 5 faisceaux de la zone moyenne de la hampe. A ce moment, la zone centrale détache 5 branches qui, l'une après l'autre, se disposent en alternance avec les faisceaux venus des feuilles. Le dédoublement des faisceaux de la zone centrale se produit assez lentement, de sorte que les sections à la base du pédoncule montrent d'abord 8, puis 9 et enfin 10 faisceaux périphériques. Sous la fleur une coupe du pédoncule présente une structure identique à celle d'une fleur pentamère parfaite et, dès lors, son système fasciculaire s'épanouit suivant le même schéma.

En résumé, la formation du système fasciculaire d'une hampe à 6 feuilles s'effectue suivant un mode particulier. Elle présente cependant au début une grande ressemblance avec ce qui a lieu pour les hampes trifoliées. Le système fasciculaire né trimère dans les deux cas évolue ensuite avec une tendance vers la symétrie hexamère. Cette tendance devrait aboutir normalement à une fleur

6. 6. 12. 6, mais pour s'établir sous cette forme, le système fasciculaire de la hampe passe par des oscillations analogues à celles qui ont lieu pour les hampes pentaphylles, tendant à donner des fleurs pentamères.

## VII. PARISETTE A 6 FEUILLES ET A FLEUR 6. 6. 12. 6

Je ne disposais malheureusement pas de la hampe entière et n'ai pu étudier que le pédoncule et la fleur. Une section du pédoncule environ à 1 cm. sous la fleur présente (fig. 21) 9 côtes bien nettes et 3 autres à l'état d'ébauche. Le système fasciculaire se compose de trois cercles de faisceaux. Le plus externe renferme 6 faisceaux *S*. On sait à présent qu'ils proviennent des faisceaux de la zone moyenne de la hampe. En dedans des 6 faisceaux de la zone externe 6 autres faisceaux *P* forment le cercle moyen. Quatre d'entre eux sont parfaitement formés, tandis que les deux autres, comme le représente la figure 21, sont encore confondus avec les faisceaux de la zone interne. Un peu plus haut, ils s'en détachent et vont se placer en alternance avec les faisceaux *S*. La zone interne est également constituée par six faisceaux *I*. Le système fasciculaire du pédoncule présente, comme on voit, une symétrie hexamère parfaite. Désormais, il persiste tel jusqu'au bout et s'épanouit suivant les procédés déjà décrits. Les 6 faisceaux *S* se dirigent dans les sépales où chacun donne 5 nervures. Les faisceaux *P* passent dans les pétales et y subissent une division en 3 nervures. Les 6 faisceaux de la zone

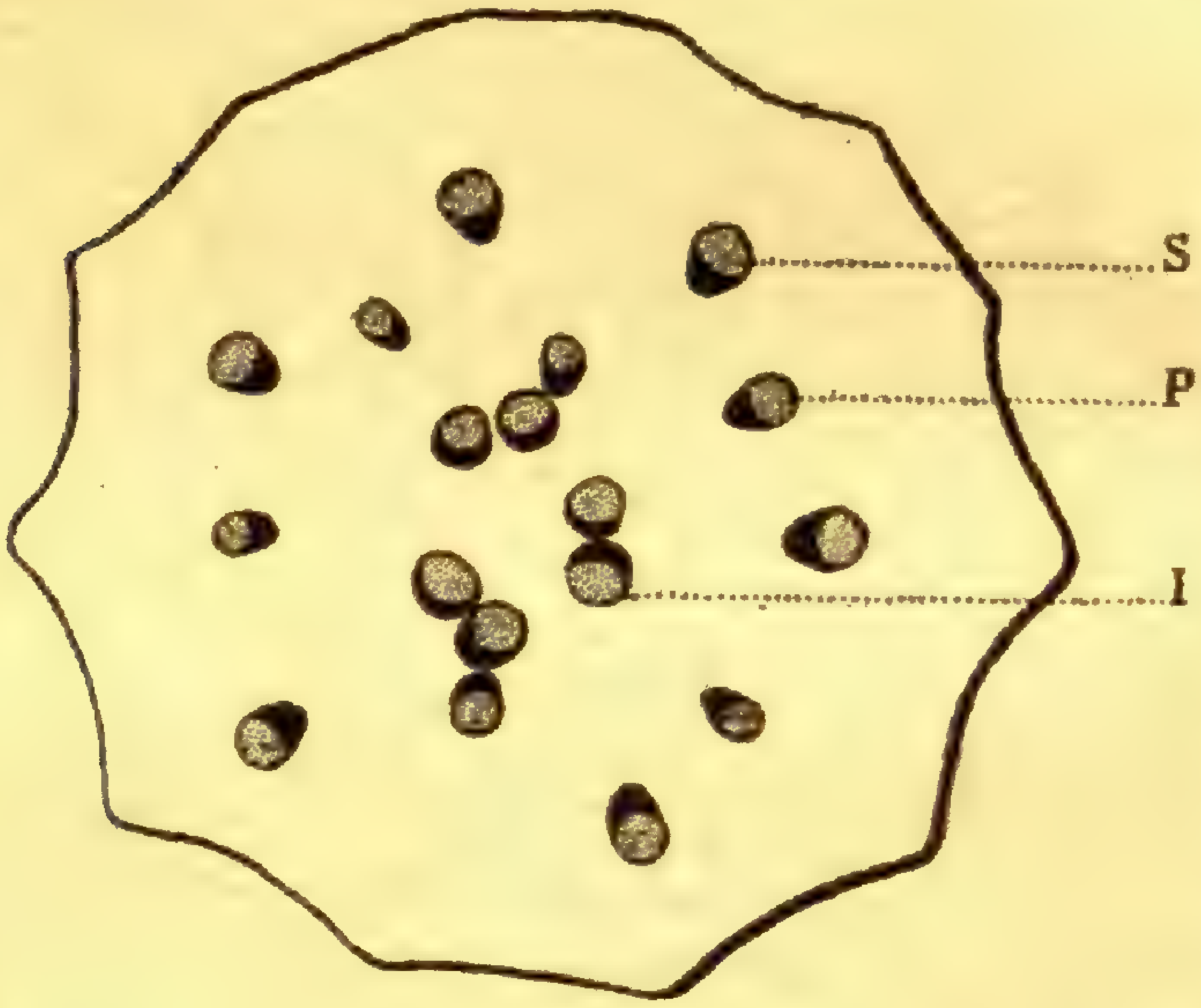


Fig. 21. — Coupe transversale du pédoncule d'une fleur 6. 6. 12. 6; *S*, faisceaux sépalaires ; *P*, faisceaux pétalaires ; *I*, faisceaux des étamines et des carpelles.

interne fournissent 6 faisceaux pour les étamines épisépales, six autres pour les étamines épipétales, 6 faisceaux dorsaux des carpelles et 6 branches placentaires doubles. La structure de l'ovaire, formé ici de 6 carpelles, est identique à celle que j'ai décrite pour la fleur type.

Je ferai seulement remarquer qu'il était de dimensions plus réduites, ainsi que les ovules contenus dans les loges. Cependant, malgré sa petitesse purement accidentelle, j'ai observé toutes les particularités signalées pour les autres types. Les espaces septaux y étaient d'une grande netteté, ainsi que la séparation entre les bords internes des carpelles.

## CONCLUSIONS

Les nombreuses variations foliaires et florales de la Parisette sont, naturellement, en étroite relation avec les variations anatomiques. Ces variations dépendent :

1° du nombre de faisceaux du rhizome qui passent dans le bourgeon renfermant la hampe.

2° de la manière dont ces faisceaux se raccordent avec les faisceaux qui se différencient dans le méristème primitif du bourgeon.

Trois cas sont à considérer :

I. *Trois faisceaux* du rhizome passent dans le bourgeon, s'unissent à autant de faisceaux différenciés dans ce bourgeon et donnent par division tout le système fasciculaire d'une hampe à trois feuilles, à fleur trimère. Ce type trimère peut changer au cours du développement et évoluer avec une tendance vers la tétramérie.

II. *Deux faisceaux* du rhizome passent dans le bourgeon, se raccordent à autant de faisceaux de ce bourgeon et donnent par division le système fasciculaire d'une hampe à 4 feuilles, à fleur tétramère.

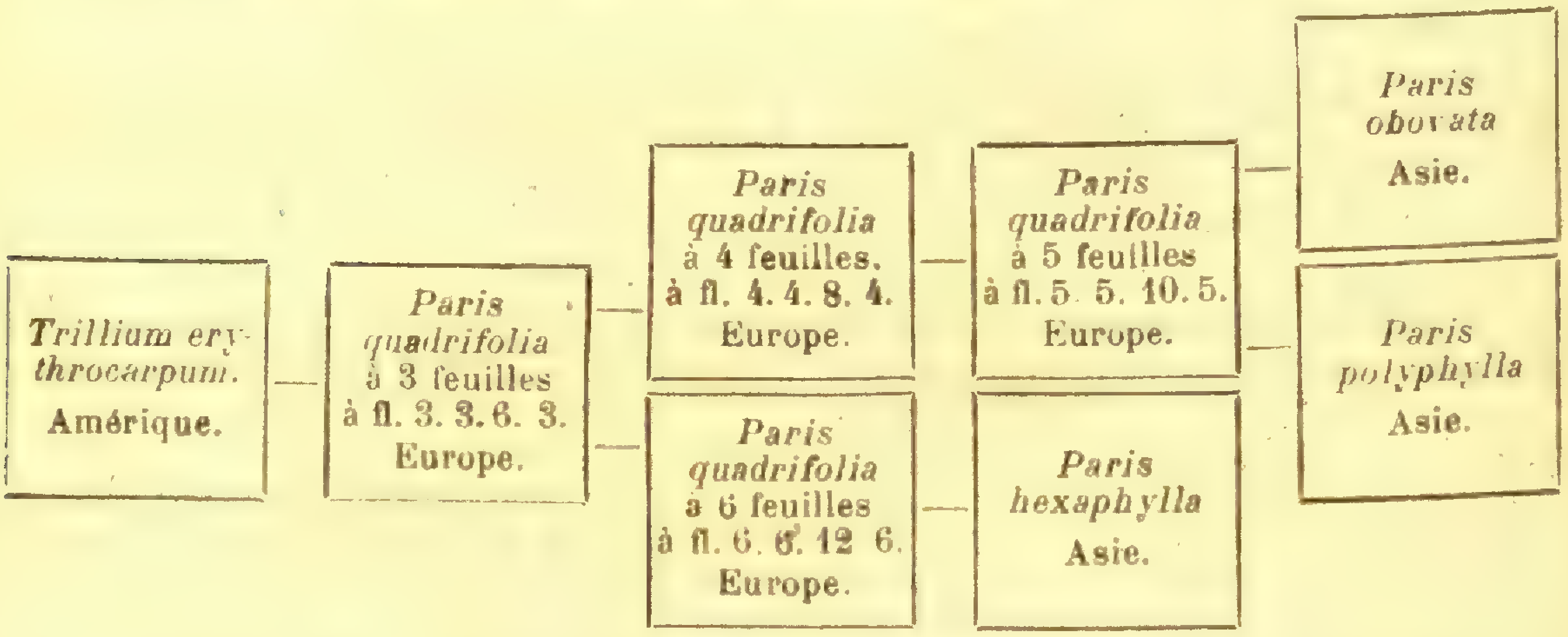
Ce type peut ou rester tétramère, ou bien évoluer vers le type pentamère en passant par les diverses étapes étudiées.

III. *Trois faisceaux* du rhizome s'unissent à autant de faisceaux du bourgeon, comme dans le premier cas, *mais aussitôt ils se groupent différemment*. Ce type né trimère évolue ensuite vers un type hexamère qui peut exister tel quel ou bien sous une forme altérée.

Par le type parfaitement trimère le *Paris quadrifolia* se rapproche des *Trillium*. D'après Dutailly, les jeunes rhizomes et les jeunes rameaux du *Paris quadrifolia* donnent pendant plusieurs années des hampes à 3 feuilles avant d'en arriver à des hampes à 4 feuilles, reproduisant ainsi la forme ancestrale. De plus, l'analogie de structure d'une hampe trifoliée à fleur 3. 3. 6. 3. et celle de la hampe de *Trillium erythrocarpum* permettent de classer ces deux plantes l'une à côté de l'autre dans la tribu des Paridées.

Les hampes de Parisettes à 6 feuilles proviennent des bourgeons qui se comportent tout d'abord comme ceux des hampes trifoliées. Par elles, la Parisette se rapprocherait du *P. hexaphylla* de l'Asie, qui d'après Franchet ne serait d'ailleurs qu'une variété de *Paris quadrifolia*. Il aurait été précieux de comparer sa structure à celle de la Parisette à 6 feuilles, malheureusement je n'avais pas cette espèce à ma disposition. Les hampes à 5 feuilles proviennent de celles à 4 feuilles et tendent à s'établir avec le type pentamère, en passant par des oscillations étudiées plus haut. Les Parisettes ainsi constituées se rapprocheraient des *P. obovata* et *P. polyphylla*, espèces asiatiques, considérées encore par Franchet comme variétés du *Paris quadrifolia*.

Le schéma ci-après montre les relations qu'on peut établir entre le *Paris quadrifolia* et les plantes voisines.


*Trillium erythrocarpum.* Amérique.
*Paris quadrifolia* à 3 feuilles à fl. 3. 3. 6. 3. Europe.
*Paris quadrifolia* à 4 feuilles. à fl. 4. 4. 8. 4. Europe.
*Paris quadrifolia* à 6 feuilles à fl. 6. 6. 12 6. Europe.
*Paris quadrifolia* à 5 feuilles à fl. 5 5. 10. 5. Europe.
*Paris hexaphylla* Asie.
*Paris obovata* Asie.
*Paris polyphylla* Asie.

Enfin l'étude anatomique des principales variations de la Parisette vient à l'appui de l'opinion de Dutailly et de Magnin.

Avec ces auteurs, on peut penser que « la transformation du type primitif trimère en tétramère, puis pentamère » et on peut ajouter hexamère « s'était opérée et se passe encore de nos jours régulièrement, en allant de l'ouest à l'est dans l'hémisphère boréal. »

Ce travail a été fait au Laboratoire de Botanique de la Sorbonne. Je prie M. Gaston Bonnier, directeur de ce Laboratoire, d'agréer mes sentiments de vive reconnaissance pour les conseils précieux, l'aide et les encouragements que j'ai constamment trouvés auprès de lui.

Je tiens à remercier tout spécialement M. Pierre Allorge, qui m'a si aimablement offert les échantillons rares récoltés par lui ; c'est grâce à ce matériel que j'ai pu faire l'étude des fleurs anormales.

Je remercie également M. Jean Friedel de l'intérêt qu'il n'a cessé de me montrer au cours de mes recherches.

# OBSERVATIONS VITALES SUR LE CHONDRIOME DES VÉGÉTAUX ET RECHERCHES SUR L'ORIGINE DES CHROMOPLASTIDES ET LE MODE DE FORMATION DES PIGMENTS XANTHOPHYLLIENS & CAROTINIENS

## CONTRIBUTION A L'ÉTUDE PHYSIOLOGIQUE DE LA CELLULE

**par M. A. GUILLIERMOND**

## I. INTRODUCTION

### A) But du travail.

Dans un mémoire antérieur, nous avons démontré que les formations connues sous le nom de *plastides* ou *plastes* (William Schimper, Arthur Meyer) *leucites* (Van Tieghem) résultent de la différenciation de mitochondries analogues à celles qui ont été mises en évidence dans ces dernières années dans la cellule animale, qu'en un mot elles représentent simplement des mitochondries différenciées en vue d'une fonction spéciale et sont par conséquent assimilables aux formations mitochondriales. On peut donc les considérer comme des formes spécialisées de la grande famille des mitochondries, éléments constitutifs du cytoplasme, dans lesquels semblent s'effectuer beaucoup d'élaborations de la cellule.

Parmi les plastides qui comprennent les chloroplastes et les amyloplastes, il en est une catégorie spéciale, les chromoplastes, qui ont pour fonctions d'élaborer les pigments xanthophylliens et carotiniens des fleurs et des fruits. Ces chromoplastes dont nous avons jusqu'ici négligé l'étude ont été l'objet de recherches très importantes, mais déjà anciennes de W. Schimper, de A. Meyer et de Courchet. A la suite des données nouvelles que nous possédons sur l'origine mitochondriale des plastes, il nous a paru utile de reprendre cette question à l'aide des méthodes mitochondriales mises en pratique dans ces dernières années, d'autant plus que les recherches de W. Schimper, A. Meyer et Courchet ont laissé subsister quelques obscurités Cette étude présente en outre un intérêt spécial, étant donné que la question de l'origine des pigments de la cellule animale est actuellement à l'ordre du jour et qu'à la suite des travaux de Policard, Mulon, Prenant, Asvadourova et Luna, on admet que les pigments animaux ont presque tous une origine mitochondriale. Il s'agit donc par conséquent d'une question de cytologie générale.

Au cours de nos recherches, qui ont été faites surtout sur les fleurs, nous avons pu constater que les cellules épidermiques des sépales et des pétales laissent en général observer sur le vivant, avec une grande facilité, leur chondriome et que certaines fleurs particulièrement favorables constituent à ce point de vue de précieux objets d'observations et d'expériences. Elles permettent donc par l'observation comparative du cytoplasme vivant et du cytoplasme fixé de préciser l'action des fixateurs sur le cytoplasme.

Aussi dans cette étude, nous avons été amenés à poursuivre deux buts différents :

1° L'étude du mode de formation des pigments végétaux ;

2° L'étude vitale du chondriome et de l'action des fixateurs sur les mitochondries et le cytoplasme.

Avant d'entreprendre l'exposé de nos recherches, nous exposerons d'abord l'état actuel des deux questions.

## B) Etat actuel de la question de l'étude vitale du chondriome et de sa fixation.

Les mitochondries s'étant révélées dès que leur connaissance a été suffisamment précisée comme des organites essentiels de la vie cellulaire et leur présence dans le cytoplasme ayant modifié les idées admises sur la constitution du cytoplasme, il n'est pas étonnant qu'elles n'aient pas été accueillies favorablement par tous les biologistes. La signification et l'existence de ces éléments devait nécessairement soulever comme toute question nouvelle les plus vives controverses.

En cytologie, le seul procédé qui permette d'arriver à une certitude consiste à contrôler les résultats obtenus à l'aide des méthodes de fixation et de coloration par l'observation vitale. La découverte de la karyokinèse comme celle des mitochondries a soulevé de nombreuses objections, et l'étrangeté des figures obtenues a amené beaucoup d'auteurs à attribuer ce phénomène à une altération du noyau sous l'influence des fixateurs. La question ne fut résolue que le jour où Strasburger put trouver des cellules permettant de suivre sur le vivant tous les stades de ce phénomène.

De même, la question des mitochondries ne sera résolue que lorsqu'on aura trouvé le moyen de suivre sur le vivant l'évolution des mitochondries et leur participation dans l'élaboration de la cellule, permettant de vérifier ce que l'on a constaté dans les préparations obtenues par les méthodes mitochondriales.

Il n'est malheureusement possible de procéder ainsi que dans un très petit nombre de cas, parce que les cellules se prêtent en général fort mal à l'observation vitale. L'étude vitale et l'observation comparative de l'aspect du cytoplasme vivant et du cytoplasme fixé ainsi que l'étude précise de l'action des fixateurs sur le cytoplasme et le chondriome peuvent donc seules mettre fin à ces controverses.

a) *Etude vitale du chondriome.* — Nous examinerons donc ici l'historique de ces deux questions.

Jusqu'ici, l'étude vitale du chondriome n'a pu être réalisée dans la cellule animale que dans des cas très rares. Michaelis, Laguesse, Laguesse et Debeyre constatent les premiers la coloration vitale des mitochondries à l'aide du vert Janus dans les cellules du pancréas et de diverses glandes. Ils ont pu mettre ainsi en evidence dans le cytoplasme des chondriocontes allongés, flexueux, parfois ramifiés, qui formaient sur leur trajet de petits renflements se séparant par résorption des parties effilées qui les réunissaient et se transformaient en grains de sécrétion.

Renaut de son côté a obtenu la coloration post-vitale des cellules cartilagineuses des Mammifères à l'aide d'une solution très diluée de violet de méthyle 5 B.

Les seules observations vitales proprement dites sont dues à Fauré-Fremiet, à Romieu et à R. et H. Lewis.

Fauré-Fremiet a pu observer sur le vivant sans coloration le chondriome de divers Protozoaires et a même suivi le partage de mitochondries granuleuses et de courts bâtonnets dans les Infusoires : ces éléments s'allongent, prennent la forme de biscuits et se séparent en deux grains. Le même auteur a observé les altérations du chondriome sous l'action des milieux hypotoniques ; il constate la transformation des mitochondries en vésicules correspondant aux sphérules depuis longtemps observées par Kunstler dans les Protozoaires et dont l'ensemble donne au cytoplasme une structure alvéolaire. Fauré-Fremiet a réalisé de bonnes colorations vitales du chondriome par le violet de Dahlia.

Romieu a observé le chondriome dans des cellules vivantes d'animaux et de végétaux. Il décrit des chondriocontes longs et onduleux entraînés par les courants cytoplasmiques et accumulés souvent autour du noyau, ce qui lui fait admettre leur origine nucléaire.

R. et H. Lewis ont étudié sur le frais le chondriome des cellules de l'embryon de Poulet cultivées artificiellement. Dans les cellules observées, ils décrivent un cytoplasme à aspect à peu près homogène, renfermant un chondriome très riche constitué par deux à trois cents éléments en forme de grains, bâtonnets et filaments, se distinguant du cytoplasme par une réfringence plus accentuée. Ces éléments sont susceptibles de se déplacer, entraînés par les courants cytoplasmiques : on les voit se rapprocher ou s'éloigner du noyau ; souvent ils s'accumulent autour de cet organe. Les auteurs constatent que leur forme est extrêmement variable : ils peuvent passer en l'espace de quelques minutes de la forme bâtonnet ou filament à la forme mitochondrie granuleuse et inversement de la forme granuleuse à la forme filamenteuse par fusion de grains. Les formes des mitochondries sont influencées par les milieux hypo- ou hypertoniques. Les milieux hypotoniques transforment les mitochondries en vésicules et les milieux hypertoniques contractent les chondriocontes. Un peu avant le début de la mitose, les mitochondries augmentent de nombre, puis pendant ce phénomène se répartissaient en nombre à peu près égal entre les deux pôles. Les mitochondries en voie de dégénérescence se montrent toujours en forme de grains et se transforment en vésicules dont la paroi finit par se résoudre en fines granulations. Enfin, les auteurs ont vérifié les observations de Laguesse et Debeyre et obtenu la coloration vitale du chondriome par le vert Janus. Aucune relation n'a pu être constatée entre le chondriome et les produits d'élaboration de la cellule et R. et H. Lewis ont été amenés à admettre que le chondriome ne participe pas à la sécrétion.

La cellule végétale est plus favorable et a donné lieu déjà à d'importantes observations vitales de Lewitsky, Maximow et Rudolph.

Maximow a observé dans les poils des cotylédons de Courge un cytoplasme d'apparence homogène renfermant un chondriome constitué surtout par des chondriocontes entremêlés à un certain nombre de mitochondries granuleuses et de courts bâtonnets. Quelques-unes des mitochondries montrent des formes en haltères qui semblent représenter des figures de division. Tous ces éléments nettement visibles par leur réfringence un peu supérieure à celle du cytoplasme sont souvent entraînés par des courants cytoplasmiques. L'auteur a observé également dans le cytoplasme des granules brillants se distinguant des mitochondries par leurs mouvements plus rapides.

Maximow a pu suivre la formation des chloroplastes. Ces éléments dérivent de chondriocontes qui s'imprègnent d'abord de chlorophylle, puis se transforment en haltères, dont les deux têtes se séparent, par rupture de la partie effilée, sous forme de chloroplastes arrondis.

Lewitsky fait une étude détaillée des écailles axillaires et des jeunes feuilles d'*Elodea canadensis*. En examinant ces cellules dans une goutte d'eau, il constate la présence d'un chondriome constitué par de nombreux chondriocontes disséminés dans un cytoplasme d'aspect homogène dont il a pu obtenir d'assez bonnes micro-photographies. Il observe la transformation de ces éléments en chloroplastes par verdissement des chondriocontes, transformation en haltères et séparation des deux têtes en chloroplastes.

L'auteur a constaté, qu'au bout d'un certain temps, les cellules s'altéraient au contact de l'eau. L'altération se manifeste par la transformation du cytoplasme primitivement homogène en cytoplasme alvéolaire, puis par la vacuolisation du noyau. Au cours de ces phénomènes, les mitochondries deviennent de moins en moins visibles, puis semblent disparaître. En même temps, on voit apparaître dans le cytoplasme de nombreux grains très réfringents qui brunissent par l'acide osmique et paraissent correspondre aux physodes de Crato. Ces éléments qui semblent résulter d'une désintégration des mitochondries constituent d'après l'auteur le premier symptôme de la mort des cellules.

Rudolph dans les cellules du méristème de la tige de l'*Asparagus officinalis* vérifie les observations de Lewitsky sur les caractères du chondriome et ses altérations. Mais il admet que les chondriocontes qui se transforment en chloroplastes ne font pas partie du chondriome ; ce seraient de jeunes leucoplastes en voie de division ressemblant aux chondriocontes, mais distincts de ces éléments.

Au cours de nos recherches sur l'origine des pigments, nous avons trouvé des tissus qui se prêtent beaucoup mieux encore aux études vitales que ceux observés par ces auteurs. Nous avons décrit le chondriome des cellules épidermiques des jeunes folioles de Rosiers et la formation aux dépens de ces éléments du pigment anthocyanique et nous avons à plusieurs reprises attiré l'attention sur l'admirable netteté avec laquelle les cellules épidermiques de la fleur d'*Iris germanica* laissent observer sur le vivant leur chondriome. Depuis nous nous sommes attaché à examiner à ce point de vue les cellules épidermiques d'un très grand nombre de fleurs ; presque toutes nous ont permis d'apercevoir leur chondriome, mais parmi elles une s'est montrée aussi favorable que la fleur d'*Iris germanica*, c'est la fleur de Tulipe.

Nous avons déjà publié les principaux résultats de notre étude vitale dans une série de Notes préliminaires. Nous n'avons pas à y revenir ici, puisque ces résultats seront l'objet de ce mémoire. Bornons-nous à dire que nos recherches vitales sur ces deux fleurs nous ont permis d'observer, d'une manière très précise, les caractères morphologiques et physiologiques du chondriome, de même que son évolution et sa participation aux phénomènes de sécrétion de la cellule et d'obtenir parfois sa coloration vitale par le violet de Dahlia et le vert Janus. Elles nous ont permis en outre de constater l'extrême sensibilité des mitochondries vis-à-vis des actions osmotiques et d'observer en milieu hypotonique leur gonflement et leur transformation en grosses vésicules renfermant un liquide aqueux. Il est intéressant de faire remarquer que, par une méthode à la vérité moins sûre, cette propriété physiologique des mitochondries a été mise en évidence par Bang et Sjövall dans des cellules animales. Dans un travail récent, paru peu de temps avant les Notes préliminaires où nous exposions ces résultats et que nous ignorions à ce moment, ces auteurs ont constaté que les cellules du foie de Grenouille traitées par une solution hypotonique, puis fixées par les méthodes mitochondriales montraient des mitochondries (qui dans la cellule normale, présentaient l'aspect de longs chondriocontes), gonflées et transformées en grosses boules sous l'influence du milieu hypotonique.

Dans un important Mémoire paru après la publication de nos Notes préliminaires, Cowdry compare les mitochondries des cellules pancréatiques de la Souris et des cellules de la racine de Pois : il constate que le chondriome de la cellule végétale se colore postvitalement par le vert Janus comme celui de la cellule animale ; toutefois la coloration réussit moins bien et est beaucoup plus difficile à obtenir que dans la cellule animale, sans doute en raison de la membrane cellulosique qui fait obstacle à la pénétration du colorant.

b) *Fixation du chondriome et du cytoplasme.* — La comparaison de la structure du cytoplasme vivant avec celle du cytoplasme fixé et l'étude de l'action des fixateurs sur le cytoplasme a été déjà l'objet d'un grand nombre de travaux aussi bien sur la cellule animale que sur la cellule végétale.

Les travaux de Schwartz, Flemming, Kölliker, A. Fischer, Henneguy ont montré combien il faut être prudent dans l'interprétation des structures obtenues par fixation, car les différents réactifs produisent des structures artificielles lorsqu'ils précipitent une substance albuminoïde et que ces structures sont aussi variables que les réactifs employés. Ces auteurs ont démontré que le cytoplasme offre une structure différente avec chaque fixateur et cette structure ne correspond pas à l'aspect que prend le cytoplasme à l'état vivant. Les observations vitales peuvent seules nous fournir quelques renseignements sur l'aspect du cytoplasme.

Plus récemment, A. Mayer et ses collaborateurs ont tenté de perfectionner la technique jusqu'ici par trop empirique en essayant par des analyses chimiques faites avant et après la fixation de préciser l'action des fixateurs sur la cellule et de trouver, d'après la composition chimique de la cellule, des fixateurs qui conviennent mieux aux divers composants de la cellule. Ce sont là des tentatives très intéressantes, mais qui n'ont pas donné jusqu'ici de résultats appréciables.

La découverte des mitochondries par Altmann et Benda obtenue à l'aide de procédés très spéciaux a modifié la technique de fixation du cytoplasme et apporté des procédés qui permettent d'obtenir une structure cytoplasmique bien différente de celle qu'on obtenait par les procédés ordinaires, avec différenciation d'organites qui n'apparaissent qu'avec la méthode mitochondriale.

On sait que ces méthodes consistent à employer des liquides chromo-osmiques ou chromo-formolés suivis de traitement de longue durée dans des solutions de bichromate de K. On admet en général que ces liquides, quand on n'y ajoute pas d'acide acétique, insolubilisent les lipoïdes des mitochondries qui, d'après l'opinion généralement admise, sont constituées par des lipoprotéides.

Fauré-Fremiet, A. Mayer et ses collaborateurs, Regaud et Mawas ont essayé de déterminer d'une manière précise l'effet des fixateurs sur le chondriome. Regaud notamment a montré que l'acide acétique et l'alcool qui se trouvent dans la composition de la plupart des liquides de fixation ont un effet particulièrement nocif sur le chondriome qu'ils dissolvent partiellement. Cependant Fauré-Fremiet prétend avoir obtenu une bonne fixation du chondriome dans le liquide de Carnoy.

Regaud conclut à la nécessité de la postchromisation qui, selon lui, aurait pour effet d'insolubiliser les lipoïdes du chondriome et en même temps agirait comme mordant. Le même auteur a montré le premier que le *formol* accompagné de postchromisation est l'un des meilleurs fixateurs du chondriome. Les liquides picroformolés sans acide acétique peuvent aussi parfois être employés avec succès, mais les observations de Regaud ont été faites sans que l'auteur ait pu recourir comme critérium à l'examen des cellules vivantes.

Mayer et Schœffer qui ont cherché à expliquer l'action des méthodes mitochondriales n'admettent pas l'explication de Regaud sur l'action du bichromate de potasse. Ces auteurs pensent qu'elle consiste en une action oxydante sur les lipoïdes et en production d'oxyacides. Une partie des lipoïdes restant inattaquée, l'autre serait attaquée et hydrolisée. La première comprendrait les oxyacides, ce sont ces derniers corps auxquels serait due la coloration des mitochondries.

Duesberg a contesté l'action de la post-chromisation qu'il estime être inutile. Sjövall et Bang ont confirmé l'opinion de Duesberg et ont pu, de leur côté, obtenir d'excellentes différenciations des mitochondries des cellules hépatiques du foie de la Grenouille par simple fixation au formol commercial non suivie de postchromisation. Ils montrent, en outre, que les solutions de formol au-dessous de 40 °/o exercent dans la cellule une action hypotonique qui a pour résultat de gonfler les chondriocontes et de les transformer en boules assez grosses.

L'étude de la cellule végétale (méristèmes d'*Elodea canadensis* et d'*Asparagus officinalis)* a permis à Lewitsky et Rudolph d'étudier l'effet des fixateurs sur le cytoplasme et le chondriome par des comparaisons de la cellule vivante avec la cellule fixée. Mais ces recherches ont abouti à des résultats sur plusieurs points discordants.

Selon Lewitsky, il y a lieu de grouper les fixateurs en deux groupes, d'après leur action sur le chondriome. Les premiers liquides Carnoy, solutions aqueuses ou alcooliques de sublimé, d'acide picrique additionnées ou non d'acide acétique, l'alcool, le liquide de Flemming fort) dissolvent le chondriome et ne permettent plus de le retrouver après fixation. Les seconds (formol, Flemming faible, méthodes mitochondriales) au contraire conservent très bien la structure du cytoplasme et du chondriome. Les résultats de l'auteur confirment les données de Regaud sur l'action nocive de l'acide acétique sur le chondriome.

Rudolph, au contraire, admet que le sublimé, l'acide acétique et l'alcool fixent le chondriome en ratatinant les mitochondries. Forenbacher avait déjà soutenu que l'alcool fixait le chondriome des cellules végétales.

Sapehin obtient une bonne fixation du chondriome par le formol commercial non suivi de postchromisation.

L'intérêt qui s'attache à l'étude vitale du chondriome et à l'action des fixateurs sur le cytoplasme nous a décidé à profiter des fleurs de Tulipe et d'*Iris* pour reprendre cette question sur des cellules plus favorables. Nos résultats qui ont pour la plupart été résumés dans des Notes préliminaires seront exposés ici dans leurs détails.

Dans une étude récente parue après les Notes préliminaires dans lesquelles nous exposions nos résultats, Cowdry a comparé l'action des fixateurs sur les mitochondries de la cellule pancréatique de la Souris et sur celles du méristème de la racine de Pois. Il constate que les mitochondries de la cellule végétale se comportent exactement comme celles de la cellule animale. Ses observations, comme les nôtres, vérifient les données de Regaud sur l'action nocive de l'acide acétique sur le chondriome ; elles sont également d'accord avec les nôtres pour contester la nécessité de la postchromisation et pour mettre en évidence l'action fixatrice du sublimé et de l'acide picrique.

Alvarado, de son côté, constate que la postchromisation n'est pas indispensable et obtient de bons résultats par la simple fixation au formol dans diverses cellules végétales ; par contre, il n'admet pas que l'acide acétique et l'alcool altèrent les mitochondries dans leurs formes.

### C) Etat actuel de la question du mode de formation des pigments xanthophylliens et carotiniens.

Les pigments des végétaux, la chlorophylle mise à part, appartiennent à deux groupements : 1° La *série xanthique ;* 2° la série *anthocyanique.* Nous ne nous occuperons dans ce travail que de la première.

Les pigments de la série xanthique comprennent la plupart des pigments jaune-orangé, rouge-orangé et quelques pigments rouge vif et rouge carmin, qui se rencontrent non seulement dans les chromoplastes d'un très grand nombre de fleurs et de fruits, mais encore dans tous les chloroplastes où ils sont associés à la chlorophylle. Parmi ces pigments qui sont encore mal connus, on comprend la carotine et la xanthophylle. La *carotine,* pigment de la racine de la carotte étudié par Arnaud, est un carbure d'hydrogène répondant à la formule $C^{40} H^{56}$ et représenté par des pigments variant du rouge-orangé au jaune-orangé que l'on rencontre dans beaucoup de fleurs et de fruits. La *xanthophylle*, pigment jaune, répondant à la formule $C^{40} H^{56} O^{2}$, semble être une carotine oxydée.

Les travaux récents de Willstätter et Escher ont démontré que la coloration rouge de la Tomate est due à un isomère de la carotine, la *lycopine*, dont la constitution chimique peut être exprimée par la même formule générale que celle de la carotine, mais qui s'en distingue par certaines propriétés physiques et chimiques, notamment par des différences dans son spectre d'absorption. Les travaux de Monteverde et Lubimenko ont montré que ce pigment se rencontre dans beaucoup d'autres végétaux, notamment dans le fruit de *Rosa canina*.

De son côté, Tswett a découvert dans les fruits de certaines Conifères un pigment rouge, la *rhodoxantine*, qui est un isomère de la xanthophylle et qui a été retrouvée dans d'autres plantes par Monteverde et Lubimenko. La carotine et la xanthophylle possèdent donc, chacune, un isomère de couleur rouge.

Les recherches de Lubimenko ont fait connaître, en outre, l'existence d'une série de pigments de couleurs variées qui possèdent certaines réactions communes avec la carotine et la lycopine, mais qui, d'après leurs propriétés spectroscopiques, occupent une place intermédiaire entre la lycopine et la carotine, ce sont les *lycopinoïdes*. A côté des lycopinoïdes, le même auteur a mis en évidence une autre série moins nombreuse de pigments voisins de la rhodoxantine.

Tous ces pigments, carotine, xanthophylle, lycopine, rhodoxantine, lycopinoïdes se trouvent, d'après Lubimenko, à l'état de mélange dans les chromoplastes et les chloroplastes d'un grand nombre de végétaux. Lubimenko admet qu'ils dérivent tous de la chlorophylle. L'auteur a constaté en effet que la lycopine et les lycopinoïdes ainsi que les autres pigments qui naissent dans les chloroplastes prennent la place de la chlorophylle et n'apparaissent que lorsque celle-ci disparaît. Ils ne se forment qu'en présence de l'oxygène, ce qui prouve que chimiquement, leur formation est une réaction d'oxydation, ce qui avait déjà été montré par Dennert et Curtel. La chaleur joue un rôle important dans leur formation ; quant à la lumière, elle l'accélère, mais elle n'est pas nécessaire. Il y a coïncidence entre les conditions physiologiques qui favorisent la production de ces pigments et celles qui activent la disparition de la chlorophylle dans les chromoplastes. De tout cela, Lubimenko conclut que ces pigments sont des produits d'une oxydation particulière de la chlorophylle occasionnée probablement par l'activité de diastases oxydantes.

Le mode de formation cytologique des pigments xanthophylliens et carotiniens a été observé par Unger, H. Mohl, Trécul, Weiss, Hofmeiter, Kraus, Millardet et Fritsch, mais les travaux les plus importants sur cette question sont dus à W. Schimper, à A. Meyer et à Courchet.

Ces auteurs ont démontré que ces pigments sont toujours élaborés dans des chromoplastes.

Les chromoplastes peuvent avoir, selon ces auteurs, deux origines différentes : 1° ils peuvent résulter de la métamorphose de chloroplastes dont la chlorophylle se résorbe et se trouve remplacée par un pigment xanthophyllien ou carotinien ; 2° ils peuvent résulter de la transformation d'amyloplastes ou de la différenciation de petits leucoplastes qui se transforment en chromoplastes et engendrent le pigment xantophyllien ou carotinien.

Les chromoplastes sont donc une variété spéciale d'organites appartenant à la grande famille des plastes et analogues aux chloroplastes et aux amyloplastes. Ils tirent, comme eux, leur origine de petits plastes indifférenciés ou leucoplastes qui se transforment en chromoplastes soit directement, soit indirectement après avoir passé par un stade chloroplaste ou amyloplaste. Les leucoplastes initiaux proviendraient toujours, d'après Schimper, Meyer et Courchet, de la division de leucoplastes préexistants et ne se formeraient jamais *de novo*. Seulement cette origine est restée très obscure et très discutée et ces auteurs ne sont pas parvenus à la démontrer d'une manière précise.

Les chromoplastes sont, d'après ces auteurs, des organites de nature albuminoïde, qui se présentent tantôt sous la forme de corpuscules arrondis semblables aux chloroplastes, tantôt sous forme de fuseaux allongés ou de bâtonnets, présentant parfois un aspect cristallin dont nous expliquerons plus loin la signification. Ils renferment souvent de petits globules graisseux.

Le pigment apparaît dans la substance du chromoplaste soit sous forme amorphe, soit à l'état de cristaux ;

Dans le premier cas, les pigments peuvent se présenter sous forme de granules ou *grana* visibles à certains grossissements ou bien paraître diffus dans la substance du chromoplaste, quel que soit le grossissement employé. Comme ces deux types sont reliés par une série de formes intermédiaires, Schimper, Meyer et Courchet admettent que les pigments amorphes se présentent toujours sous forme de grains, seulement que dans beaucoup de cas, les grains sont si petits qu'il est impossible de les distinguer, ce qui fait que ce pigment a l'apparence d'être diffus. Ces auteurs considèrent les grains pigmentaires comme ayant une consistance semi-fluide, car au moment de la dégénérescence des chromoplastes, ces grains sont mis en liberté et peuvent se fusionner en gouttelettes d'apparence oléagineuse. Pour Chodat au contraire, les chromoplastes auraient une structure spongieuse et le pigment se trouverait à l'état diffus sur les parois des alvéoles.

Dans le second cas, le pigment apparaît sous forme de cristaux. Ces cristaux sont contenus en nombre très variable dans les chromoplastes et affectent le plus souvent la forme d'aiguilles finement recourbées en crochets ou en boucles, ou de baguettes : parfois aussi ils ont l'aspect de tables triangulaires ou quadrangulaires, de tubes creux, de rubans spiralés. La nature cristalline de ces éléments est démontrée par la manière dont ils se comportent à l'égard des réactifs, par leur forme, enfin et surtout par leur biréfringence et leur dichroïsme très marqués. Ces cristaux ont d'ailleurs pu être obtenus artificiellement avec les produits de dissolution des pigments par Courchet. Ces éléments qui appartiennent tous au système du prisme rhomboïdal oblique sont considérés par Schimper comme de véritables cristaux. Courchet admet que beaucoup d'entre eux ne sont que des cristallites, c'est-à-dire des cristaux imparfaitement formés, apparaissant dans les conditions où la cristallisation se trouve gênée par la nature du milieu ambiant, par exemple lorsqu'un composé se sépare au sein d'une substance semi-liquide ou pâteuse, ce qui est le cas dans les chromoplastes.

Les pigments du groupe de la carotine (rouge vif et rouge carmin, rouge et jaune-orangé) apparaissent sous forme de granules ou de cristaux. Les pigments du groupe de la xanthophylle (jaunes) sont au contraire toujours sous forme diffuse ou à l'état de granules.

La présence des cristaux pigmentaires donne aux chromoplastes des formes allongées en fuseaux que nous avons décrites précédemment. Trécul, Weiss, Kraus et Fritsch, avaient considéré ces formes comme provenant de la déhiscence de chromoplastes sphériques. Ces chromoplastes développeraient en leur centre une vacuole, puis la paroi s'ouvrirait latéralement et en s'étirant produirait des fuseaux de formes variables. Schimper et Meyer ont, au contraire, établi que ces formes sont déterminées par la production, au sein des chromoplastes, de cristaux pigmentaires. Selon ces auteurs, les chloroplastes dériveraient tous de plastes arrondis, mais pendant la formation des cristaux pigmentaires la forme primitive de ces plastes serait modifiée par le développement des cristaux. Ceux-ci, se disposant en fuseaux parallèles ou divergents, communiqueraient aux chromoplastes des formes spéciales en bâtonnets, fuseaux ou triangles. Dans quelques cas enfin, comme dans la racine de carotte, les cristaux une fois formés ont épuisé la majeure partie de la substance du chromoplaste élaborateur et apparaissent en liberté dans le cytoplasme ou simplement enveloppés d'une très mince substance protéique.

Courchet a montré cependant que dans certains cas, notamment dans le fruit de *Cucurbita Pepo* (variété jaune-orangé), le pigment cristallisé se développe sur la périphérie de chromoplastes et en s'étirant amène la rupture du plaste et sa transformation en un fuseau, ce qui donne raison à l'opinion de Trécul, Kraus, Firstch.

Chodat a observé également la rupture de chromoplastes vésiculeux à pigment non cristallisé, aboutissant à la production de fuseaux, dans *Solanum pseudocapsicum*, mais il s'agit ici de cas exceptionnels.

La forme en fuseaux ou en bâtonnets des chromoplastes ne peut cependant pas s'expliquer uniquement par la présence en leur sein de cristaux pigmentaires. En effet, beaucoup d'amyloplastes, tels que ceux de la racine de *Phajus*, par exemple, présentent cet aspect.

D'autre part, on rencontre fréquemment des chromoplastes qui offrent un pigment diffus ou granuleux et qui, néanmoins, affectent la forme de fuseaux. Aussi Schimper, Meyer et Courchet ont-ils été amenés à admettre qu'en ce cas la forme en fuseaux était déterminée par la présence, dans le plaste, d'un cristalloïde de nature protéique. L'examen de ces plastes en lumière polarisée leur a montré que ces éléments présentent une faible biréfringence. Schimper et Meyer ont même signalé des cas où le chromoplaste renfermait à la fois des cristaux pigmentaires et des cristalloïdes protéiques. C'est ains que dans le fruit de *Lonicera Xylosteum* par exemple, les chromoplastes offrent un aspect piriforme. D'après Schimper, le pigment se trouve réparti à l'état de petits cristaux en aiguilles au sein du renflement du fuseau et le cristalloïde protéique occuperait l'axe et s'épanouirait à l'une des extrémités en appendice effilé.

Cette explication reste cependant obscure, car Schimper a décrit également des chromoplastes en forme de bâtonnets comme dans la fleur de Tulipe dont la forme ne paraît liée à aucun élément cristallin. D'autre part, l'existence des cristalloïdes de protéine a été contestée par Chodat. Selon cet auteur, les amyloplastes de *Phajus* qui ont un aspect cristallin attribué à la présence en leur sein d'un cristalloïde de protéine auraient une structure spongieuse et leur très faible biréfringence s'expliquerait par des différences de tension.

En résumé, les travaux de Schimper, Meyer et Courchet conduisent donc à admettre qu'il existe 5 types de chromoplastes :

1° Chromoplastes à pigment amorphe se présentant sous forme de grains.

2° Chromoplastes à pigment amorphe, d'apparence diffuse.

3° Chromoplastes avec pigment cristallisé.

4° Chromoplastes avec cristalloïde protéique et pigment amorphe.

5° Chromoplastes avec cristalloïde protéique et pigment cristallisé.

Depuis les travaux de W. Schimper, de Meyer et de Courchet, la question du mode de formation des pigments est restée en suspens jusqu'au moment où nous avons repris l'étude de l'origine des plastes.

Dans notre mémoire antérieur sur l'origine des plastes, nous n'avons fait qu'effleurer la question par l'étude de la pigmentation de la racine de la Carotte. Nous avons constaté que ce pigment naît dans des amyloplastes par le procédé décrit par Schimper et Meyer, et nous avons pu démontrer que ces amyloplastes sont le résultat de la différenciation de chondriocontes. On constate d'abord la production sur le trajet des chondriocontes de petits renflements qui représentent de jeunes amyloplastes. Ceux-ci produisent chacun en leur sein un grain d'amidon composé, tandis que les parties effilées du chondrioconte qui les a formés se résorbent et que les amyloplastes se séparent l'un de l'autre. Dans une seconde phase, on voit apparaître dans le plaste un cristal de carotine en forme d'aiguille, de table triangulaire ou quadrangulaire ou de ruban spiralé, tandis que l'amidon se résorbe peu à peu. Le plaste prend alors la forme du cristal pigmentaire, puis une fois définitivement formé, la paroi mitochondriale qui l'entoure s'épuise et le cristal se trouve en liberté dans le cytoplasme.

Depuis, nous avons résumé les résultats des recherches, que nous poursuivons depuis cinq ans, sur la formation des pigments, dans diverses Notes préliminaires parues dans les Comptes-rendus de l'Académie des Sciences et sur lesquels nous n'insisterons pas puisqu'ils seront l'objet de cette étude. Ces recherches ont démontré que les pigments peuvent naître soit dans des chondriocontes non différenciés, soit dans des chromoplastes résultant d'une différenciation de mitochondries, soit enfin dans les chloroplastes issus eux-mêmes de mitochondries.

Ces résulats ont été confirmés par deux Notes de F. Moreau. La première est relative à la formation de rhodoxantine, dans l'arille de *Taxus baccata*. L'auteur a montré que les chondriocontes s'imprégnent de pigment et se renflent en leur milieu ou à l'une de leurs extrémités, produisant chacun un plaste en forme de têtard ou de fuseau qui s'arrondit en perdant ses appendices filamenteux, ou bien prennent la forme d'haltères et donnent naissance à deux plastes réunis pendant quelque temps par un appendice qui disparaît bientôt.

Dans la seconde, l'auteur observe la formation de la lycopine dans le fruit de *Lycium barbarum* et décrit dans les cellules de ce fruit des chondriocontes renflés à leur milieu et ayant par suite l'aspect de fuseaux et des chondriocontes présentant deux renflements terminaux ou subterminaux prolongés dans ce dernier cas par des pointes effilées. Toutes ces formations sont colorées en rouge. La lycopine apparaît donc dans les chondriocontes qui prennent des formes de fuseaux et d'haltères dus à la formation sur leur trajet de chromoplastes inachevés.

### D) Technique.

Comme nous venons de le faire ressortir, les cellules épidermiques des divers organes des végétaux et spécialement celles des fleurs se prêtent admirablement aux observations vitales. Nous avons donc profité de cette facilité et la plupart de nos recherches reposent sur l'observation vitale, qui est d'ailleurs indispensable pour l'étude de la formation de la xanthophylle et de la carotine, puisque ces pigments sont solubles dans tous les mélanges fixateurs.

Dans certains cas et surtout lorsque les organes sont très jeunes, l'épiderme se trouve fortement adhérent aux tissus parenchymateux et il est difficile, sinon impossible, de l'en détacher. On peut alors examiner le tissu par transparence dans la partie marginale des pétales qui est généralement très mince. Si l'organe est très jeune, les cellules épidermiques ont une membrane encore peu épaisse et qui permet d'observer leur contenu. Il suffit alors de placer un lambeau de la partie que l'on veut étudier sur une lame dans une goutte d'eau. La membrane externe des cellules épidermiques étant peu perméable à cause de sa cuticule, l'eau ne pénètre que très lentement dans les cellules et si l'observation ne doit pas être de trop longue durée, il ne se produit pas d'altération du chondriome.

Dans tous les autres cas, il est nécessaire de détacher un fragment d'épiderme à l'aide d'une aiguille lancéolée et de le monter la face externe appliquée contre la lame, afin que la cuticule, parfois très épaisse, ne gêne pas l'observation du contenu cellulaire. Il est nécessaire de pratiquer cette opération aussi rapidement que possible, pour éviter la dessiccation de l'épiderme qui amène la désorganisation du cytoplasme et la mort de la cellule.

Il faut, en outre, monter le fragment d'épiderme dans un milieu isotonique. Cela est très important, car ainsi que nous le verrons plus loin, le chondriome est très sensible à toute perturbation dans l'équilibre osmotique de la cellule et subit des altératious très marquées dans les solutions hypo-ou hypertoniques. Un milieu parfaitement isotonique où le chondriome ne subit aucune altération est toujours très difficile à réaliser. On peut l'obtenir en préparant, par broyage, un peu de la sève de l'organe à étudier, mais il faut pour cela un matériel très abondant, aussi le procédé est-il rarement réalisable. Les solutions de NaCl exercent en général une action nocive sur le chondriome et leur emploi n'est pas recommandable. Au contraire, les solutions de saccharose qui se rapprochent davantagedu milieu ordinaire des cellules conviennent assez bien.

Le degré de concentration de la solution nécessaire pour obtenir l'isotonie varie selon l'état de développement de la cellule et selon l'espèce ; il est compris généralement entre 7, 50 à 10 % saccharose. Il y a des cas où l'on obtient ainsi un milieu isotonique où le chondriome se conserve aussi bien que possible et pendant longtemps. Mais il y a d'autres cas où le chondriome présente une sensibilité particulière et où il est impossible d'obtenir une solution isotonique qui le préserve d'altérations. On peut alors tourner la difficulté de la manière suivante : il suffit d'enlever avec l'épiderme la couche sous-jacente du tissu parenchymateux et de monter la préparation de manière à ce que l'épiderme repose contre la lame. La membrane externe des cellules épidermiques étant peu perméable, la pénétration du liquide s'effectue surtout par la membrane interne beaucoup plus mince et dépourvue de cuticule. En procédant de la sorte, on protège donc les cellules épidermiques par une couche de cellules parenchymateuses et il est possible néanmoins d'observer par transparence à travers cette couche le contenu des cellules épidermiques situées en dessous.

L'examen des cellules parenchymateuses est beaucoup moins commode, il peut être fait dans certains cas par transparence à travers l'épiderme, mais le plus souvent il exige des coupes à la main qui doivent être montées dans un milieu isotonique.

Nos observations prouvent, comme nous le verrons plus loin, que les solutions d'acide osmique à 1 % et le réactif iodo-ioduré conservent aussi fidèlement que possible le chondriome. On peut donc utiliser ces liquides pour monter les préparations et les observer postvitalement, quand on éprouve trop de difficultés à obtenir un milieu isotonique favorable. Ces liquides ont le grand avantage de permettre la caractérisation, au sein des chondriocontes, des globules graisseux que l'acide osmique brunit, et des grains d'amidon qui prennent avec l'iodo-iodure une teinte variant du brun acajou au bleu. En outre, l'iodo-iodure colore en vert les pigments xanthophylliens et carotiniens.

Les colorants vitaux préconisés pour l'étude des mitochondries : vert Janus (Laguesse, Laguesse et Debeyre, R. et H. Lewis, Cowdry), violet de Dahlia (Fauré-Fremiet), violet de méthyle 5 B (J. Renaut) sont d'un emploi difficile et ne réussissent que fort rarement.

L'observation vitale doit nécessairement être contrôlée par l'examen de coupes fixées et colorées. Pour cela nous avons employé les méthodes mitochondriales, notamment la méthode IV de Regaud, et la méthode employée par Meves consistant en fixation selon la technique de Benda et coloration par l'hématoxyline ferrique.

Fixation au liquide de Flemming sans acide acétique pendant 8 jours Lavage à l'eau. Traitement pendant 24 heures par la solution :

Acide pyroligneux, 100 cm$^3$.

Acide chromique à 1 °/o, 100 cm$^3$.

Traitement pendant 24 heures dans une solution de bichromate de potasse à 2 °/o.

Coloration par l'hématoxyline ferrique.

Cette méthode donne parfois dans les cellules que nous avons examinées des résultats supérieurs à ceux que l'on obtient par la méthode de Regaud.

Nous nous sommes rarement servis de la méthode de Benda d'un emploi vraiment trop difficile, mais une troisième méthode nous a toujours donné les résultats les plus satisfaisants et réussit facilement malgré son apparente complexité : c'est la méthode de Champy-Kull, préconisée récemment par Maximow pour la cellule animale et que nous avons appliquée à la cellule végétale.

Cette technique est la suivante.

Fixation pendant 24 à 48 heures dans le mélange de Champy :

| | |
|---|---|
| Acide chromique 1 °/o | 7 parties |
| Bichromate de potasse 3 °/o | 7 parties |
| Acide osmique 2 °/o | 4 parties |

Lavage à l'eau

Traitement pendant 24 heures dans le mélange :

| | |
|---|---|
| Acide pyroligneux | 1 partie |
| Acide chromique 1 °/o | 2 parties |

puis traitement pendant trois jours dans une solution de bichromate de potasse à 3 °/o.

Coloration par la méthode de Kull, c'est-à-dire coloration à chaud par la fuchsine acide (selon Altmann), jusqu'à production de vapeurs, lavage à l'eau, coloration pendant quelques minutes dans une solution à 5 °/o de bleu de toluidine ou de thionine, puis différenciation dans une solution alcoolique d'aurantia, lavage à l'alcool et montage au baume.

On peut remplacer avantageusement la fixation de la méthode de

Champy par celle de Benda. Nous avons montré dans une Note antérieure que l'emploi de cette méthode avec le bleu de toluidine nous a permis de constater qu'elle colore les mitochondries et les grains d'amidon simultanément et d'une manière différente, de telle sorte qu'on peut suivre par ce procédé tous les stades de la formation des grains d'amidon dans les mitochondries. Le grain d'amidon apparaît dès la naissance teint en bleu intense par le bleu de toluidine au sein des mitochondries colorées en rouge par la fuchsine et se détache avec une remarquable netteté du cytoplasme qui prend avec l'aurantia une teinte orangée.

Des observations ultérieures nous ont montré que la coloration de l'amidon est très irrégulière et difficile parfois à réaliser. En tous cas, la méthode a le grand avantage de permettre la différenciation des gouttelettes graisseuses teintes en brun foncé par l'acide osmique au sein des chondriocontes colorés en rouge par la fuchsine.

La comparaison que nous avons faite du cytoplasme à l'état vivant et fixé par ces diverses méthodes, nous a permis de nous assurer de l'efficacité de ces techniques qui conservent aussi fidèlement que possible le chondriome et le cytoplasme dans la forme qu'ils présentent sur le vivant.

Nos observations nous ont montré que la postchromisation ne paraît pas nécessaire à l'obtention de bonnes préparations et nous croyons avec Duesberg, Sapehin, Bang et Sjöval, Cowdry, Alvarado, qu'on a exagéré son importance. C'est ainsi que nous avons obtenu parfois avec le formol commercial sans postchromisation d'excellentes fixations. Seulement, le cytoplasme moins bien fixé et plus chromophile avec cette méthode ne permet pas ordinairement une aussi bonne différenciation du chondriome. Il paraît résulter de nos observations que le bichromate agit plus comme mordant que comme insolubilisateur des lipoïdes mitochondriaux, et il y a des cas où l'action prolongée du bichromate paraît indispensable pour obtenir une bonne différenciation des mitochondries ; il y a, comme l'ont montré Regaud et Favre, entre les mitochondries de diverses cellules des différences chimiques qui se traduisent par le fait qu'elles exigent un mordançage plus ou moins prolongé pour être bien colorées.

# II. OBSERVATIONS PERSONNELLES

## FLEUR DE TULIPE *(Tulipa suaveolens* et *Gesneriana)*

La fleur qui, de toutes celles que nous avons observées, s'est montrée la plus favorable à l'étude vitale du chondriome est certainement la fleur de Tulipe. Elle offre dans ses sépales et ses pétales un épiderme très fin, peu adhérent et qu'il est facile de détacher à l'aide d'une aiguille lancéolée. En étalant sur une lame, dans une solution isotonique, une partie de cet épiderme, en ayant soin de l'appliquer contre la face externe, de manière que la cuticule ne gêne pas l'observation microscopique, et en l'examinant à un très fort grossissement, on est frappé de voir avec quelle netteté le chondriome se présente. Les cellules sont d'ailleurs énormes et ont un cytoplasme très transparent qui fait qu'elles constituent un précieux objet d'étude.

### A) ÉTUDE VITALE DU CHONDRIOME DANS LES CELLULES ÉPIDERMIQUES DES SÉPALES ET DES PÉTALES DE LA VARIÉTÉ BLANCHE.

Parmi les variétés de *Tulipa suaveolens* que nous avons surtout observées, il en est qui ont dans l'épiderme de leurs sépales et de leurs pétales un pigment xanthophyllien jaune associé à un pigment anthocyanique rouge (variété rouge et jaune) ; d'autres qui n'ont que le pigment jaune (variété jaune) et d'autres enfin qui sont dépourvues de pigments jaunes, sauf à la base des sépales et des pétales qui renferme un peu de xanthophylle : parmi celles-ci, il en est qui n'ont pas d'anthocyane (variété blanche) et d'autres qui en ont très peu (variété rose).

La variété blanche une fois épanouie montre dans l'épiderme de ses sépales et de ses pétales d'énormes cellules avec un gros noyau et un cytoplasme peu abondant. Celui-ci se trouve réduit à une couche pariétale enveloppant une grosse vacuole qui occupe la majeure partie de la cellule ; de minces trabécules cytoplasmiques, parfois très nombreuses, traversent cette vacuole et relient le cytoplasme pariétal au noyau (Pl. 10, fig. 12).

Le noyau est généralement appliqué contre un des côtés de la paroi cellulaire : il montre distinctement un ou plusieurs nucléoles et un nucléoplasme très finement granuleux ; cette structure correspond plus ou moins à celles que l'on obtient dans les coupes fixées et colorées et l'aspect granuleux du nucléoplasme paraît dû à un réseau chromatique très serré.

Quant au cytoplasme, il se montre sous forme d'une substance très transparente et d'aspect homogène dans laquelle on distingue, avec une parfaite netteté, un chondriome extrêmement riche.

Il présente cependant des aspects un peu différents selon les régions où on l'examine. Dans la mince zone qui tapisse la paroi interne des cellules, c'est-à-dire celle qui se trouve placée perpendiculairement à l'axe de l'objectif, le cytoplasme apparaît comme une couche extrêmement transparente et à peine distincte de la vacuole. Au contraire dans la couche qui tapisse les parois latérales, le cytoplasme vu dans son maximum d'épaisseur présente un aspect beaucoup plus dense et moins hyalin, bien que toujours homogène. Le cytoplasme qui avoisine le noyau et les minces trabécules qui relient cet organe au cytoplasme pariétal ont l'apparence d'une substance hyaline, visqueuse et homogène, se distinguant facilement du suc vacuolaire.

Peu distinct et représenté par des éléments très serrés et confus dans la zone pariétale des faces latérales, le chondriome se distingue au contraire avec une admirable netteté quand on l'observe dans la couche qui recouvre la face interne de la cellule. (Pl. 10, fig. 14 et Pl. 11, fig. 1 à 3). Il est constitué par un très grand nombre de chondriocontes minces, très allongés, onduleux, souvent enchevêtrés les uns dans les autres. Les chondriocontes sont assez souvent ramifiés comme cela a été observé parfois dans la cellule animale (Laguesse, Meves, Chaves). A côté de ces éléments, on trouve en outre, mais en moindre quantité, de courts bâtonnets et des mitochondries granuleuses. Ces derniers ont un diamètre un peu supérieur à celui des chondriocontes. Tous ces éléments se distinguent du cytoplasme fondamental par une réfringence légèrement plus forte.

Les éléments du chondriome sont répartis d'une manière à peu près uniforme dans tout le cytoplasme pariétal, sauf dans la région qui tapisse la face externe des cellules, c'est-à-dire celle qui se trouve exposée à la lumière. Dans cette région, le chondriome est beaucoup plus pauvre Cette disposition que nous avons constatée dans la plupart des cellules que nous avons examinées paraît s'expliquer par le fait que le chondriome est sensible à l'action de la lumière comme cela a été observé pour les chloroplastes, et que ses éléments s'éloignent de la lumière directe.

Le chondriome est moins riche dans les trabécules qui relient le cytoplasme pariétal au noyau ; par contre, les mitochondries sont particulièrement nombreuses dans les régions qui avoisinent le noyau (Pl. 10, fig. 12).

Il est difficile d'observer des mouvements cytoplasmiques dans la zone pariétale où ceux-ci paraissent réduits à leur minimum. Les mouvements sont plus visibles, bien que toujours peu intenses, dans les trabécules qui relient cette zone au noyau. Ils se traduisent par des courants entraînant les mitochondries granuleuses et parfois aussi les chondriocontes qui se déplacent en serpentant.

En dehors du chondriome, on observe toujours dans le cytoplasme de très petits globules brillants qu'il ne faut pas confondre avec les mitochondries granuleuses ; ils s'en distinguent par une réfringence beaucoup plus accusée, par des dimensions un peu plus petites et par le fait que les courants du cytoplasme les entraîne beaucoup plus facilement (1). Ces granules brunissent par l'acide osmique et semblent être de nature graisseuse. Ils ont été décrits par Dangeard sous le nom de microsomes dans les cellules les plus diverses et considérés par cet auteur comme des corps dont la présence serait constante dans le cytoplasme. Nous les avons retrouvés effectivement dans toutes les cellules que nous avons examinées, mais en plus ou moins grand nombre selon les cellules observées et leur état de développement. Il y a des variétés de Tulipe où ces granules sont très rares, et d'autres où ils sont très nombreux. Ces globules ne paraissent pas avoir de relation avec le chondriome. Il ne nous a pas été possible de préciser leur origine. Il se pourrait qu'ils appartiennent à la constitution du cytoplasme qui paraît renfermer des lipoïdes en dehors du chondriome.

---

(1) Ces granules graisseux ont des mouvements assez différents des mitochondries : ils sont entraînés dans les courants cytoplasmiques en présentant une certaine trépidation qui nous disposerait à admettre que leur déplacement est dû non seulement aux courants du cytoplasme, mais aussi à des mouvements browniens qui leur seraient propres. Chifflot et Gautier ont constaté dans les cellules de divers végétaux (*Azolla*, etc.) des déplacements de corpuscules analogues qu'ils attribuent à des mouvements browniens. Carnot admet également que les granulations pigmentaires de la cellule animale présenteraient des mouvements browniens.

On observe toujours en outre, dans chaque cellule, un ou parfois deux gros globules sphériques très réfringents, situés dans une région quelconque du cytoplasme. Ces globules, qui rappellent tout à fait par leur aspect les cyanoplastes décrits par Politis dans diverses fleurs, n'ont cependant rien de commun avec ces productions. Ils n'offrent aucune des réactions microchimiques des composés phénoliques. Ils réduisent l'acide osmique, se dissolvent dans l'alcool, l'éther, etc., et paraissent être constitués par une substance graisseuse. Ils semblent être des formations homologuables aux élaïoplastes bien qu'ils ne soient entourés d'aucune membrane albuminoïde. Ces globules se rencontrent non seulement dans les cellules épidermiques, mais aussi dans l'assise du mésophylle située immédiatement au-dessous de l'épiderme. On les rencontre dans les stades les plus jeunes du développement sous forme de petits globules graisseux assemblés en plusieurs petites masses dans le cytoplasme. Plus tard, ces globules se fusionnent en un seul corpuscule, rarement deux. Le corpuscule semble ensuite diminuer progressivement de dimension, puis vers la fin de la vie de la fleur par se réduire en plusieurs globules plus petits et parfois même disparaître à peu près complètement. Il ne nous a pas été possible d'établir d'une manière plus précise l'origine de ces corpuscules, ni d'établir leurs relations possibles avec les petits globules que l'on rencontre toujours en plus ou moins grand nombre dans ce cytoplasme et qui présentent les mêmes réactions.

La vacuole renferme dans certaines cellules des composés phénoliques, mais ceux-ci sont extrêmement peu abondants. On peut les mettre en évidence (1) en montant une préparation dans une solution de perchlorure de fer ou dans du réactif de Courtonne. Les vacuoles de certaines cellules prennent alors une teinte grisâtre avec le perchlorure et jaune pâle avec le réactif de Courtonne.

---

(1) On sait par nos recherches sur les pigments anthocyaniques que ces composés phénoliques incolores présentent comme les pigments anthocyaniques les caractères des tannoïdes ; ils noircissent par les sels ferriques, se colorent vitalement par le bleu de méthylène, sont fixés et colorés en jaune par le bichromate de K, réduisent l'acide osmique. Les travaux de R. Combes ont montré qu'ils se distinguent des pigments anthocyaniques par le fait qu'ils forment en présence de la liqueur de Courtonne un précipité jaune, alors que les pigments anthocyaniques dans les mêmes conditions donnent un précipité vert.

Ces composés phénoliques ont comme les tannins la propriété de fixer énergiquement sur le vivant le bleu de méthylène. Un fait inconnu jusqu'ici, à notre connaissance, et que nos recherches mettent en évidence est que ces composés phénoliques, de même que les pigments anthocyaniques, se colorent également par la plupart des colorants vitaux (rouge neutre, bleu de Nil, violets de gentiane, de Dahlia, de méthyle, vert Janus). Ces divers colorants donnent à la vacuole une teinte diffuse due à la présence de ces composés ; ils peuvent déterminer en même temps la production artificielle, au sein de la vacuole, de petits corpuscules plus vivement colorés qui résultent d'une précipitation des composés phénoliques.

Dans la région de la base des sépales et des pétales, au voisinage de l'onglet et dans l'onglet, les cellules épidermiques des variétés blanches renferment toujours un pigment xantophyllien, plus ou moins accentué. On peut constater que ce pigment se trouve localisé dans les chondriocontes ; les mitochondries granuleuses et les courts bâtonnets restent au contraire incolores. Les chondriocontes apparaissent encore plus distincts parce que se détachant en jaune sur le fond incolore du cytoplasme. Ils sont légèrement plus gros que les chondriocontes incolores des autres régions de l'épiderme et renferment de nombreux globules graisseux qui noircissent par l'acide osmique.

### B) ÉTUDE VITALE DU CHONDRIOME DES CELLULES EPIDERMIQUES DANS LES VARIÉTÉS JAUNES

Si maintenant, nous examinons les fragments de l'épiderme d'un sépale ou d'un pétale d'une variété jaune ou d'une variété jaune et rouge, nous observons une structure absolument analogue. Chaque cellule renferme un cytoplasme peu abondant, très hyalin et d'aspect homogène, réduit à une mince zone pariétale tapissant la membrane cellulaire et reliée au noyau, qui occupe l'un des côtés de la cellule, par une série de minces trabécules. Dans le cytoplasme, on observe un nombre plus ou moins grand de petits globules graisseux et un ou parfois deux gros corpuscules également de nature graisseuse. Une grosse vacuole remplie de pigment anthocyanique à l'état de dissolution occupe la majeure partie de la cellule dans la variété jaune rouge.

Quant au chondriome, il présente exactement les mêmes caractères que dans les variétés blanches (Pl. 11, fig. 6 et 7). Il apparait constitué par un très grand nombre de chondriocontes, très allongés, très onduleux, parfois ramifiés, entremêlés à des mitochondries granuleuses ou en courts bâtonnets. Seulement ici, les chondriocontes sont imprégnés d'un pigment xantophyllien d'une couleur très vive. Ils sont d'autre part nettement plus épais que dans les variétés incolores. Enfin ils renferment un très grand nombre d'inclusions graisseuses. Dans les fleurs qui viennent de s'ouvrir et dans les stades qui précèdent l'ouverture de la fleur, le pigment donne l'impression d'être à l'état diffus dans l'intérieur du chondrioconte. Dans les stades plus âgés, il paraît constitué par un grand nombre de petits granules. On peut donc admettre qu'il se trouve réparti dans le chondrioconte sous forme de très petits granules difficiles à distinguer. Ces granules semblent surtout localisés à la périphérie des chondriocontes et parfois on aperçoit dans l'axe de ces éléments une région incolore. A certains stades de dégénérescence ou lorsqu'on écrase la préparation, on voit les chondriocontes se désagréger et mettre en liberté des gouttelettes de pigment : celles-ci semblent être à l'état semiliquide comme l'admet Schimper. Bref, les chondriocontes à ce moment peuvent donc être considérés comme remplis à la fois de globules graisseux et d'inclusions pigmentaires qui augmentent leur épaisseur.

Dans certaines variétés de Tulipe jaune, les chondriocontes ont une tendance à former sur leur trajet de petits renflements qui finissent par se séparer par rupture des parties effilées qui les réunissent et prendre l'aspect de petits chromoplastes arrondis ou de formes anguleuses (P. 11, fig. 8 à 10). Mais, en général, ils restent à l'état de chondriocontes jusqu'à la dégénérescence de la fleur. Il n'y a donc pas en général, dans la fleur de Tulipe, de véritables chromoplastes résultant de la différenciation des mitochondries ; le pigment est élaboré par les chondriocontes eux-mêmes.

On retrouve dans *Tulipa Gesneriana* une structure absolument analogue.

### C) Observation vitale du chondriome des feuilles

Les résultats obtenus par l'étude vitale des pétales nous ont donné l'idée d'examiner aussi les cellules épidermiques des feuilles :

ces cellules permettent également d'observer très facilement leur contenu. Elles renferment un cytoplasme d'aspect homogène et hyalin, constitué d'une zone pariétale entourant une grosse vacuole que traversent de minces trabécules reliant le cytoplasme au noyau. Le chondriome beaucoup moins riche que dans les cellules épidermiques des pétales apparaît constitué par d'assez nombreuses mitochondries granuleuses et par un certain nombre de chondriocontes très allongés, munis sur leur trajet de un ou plusieurs renflements parfois vésiculeux, sortes de petits plastes dans lesquels on observe une accumulation de globules graisseux. Les parties minces qui réunissent ces renflements prennent parfois un aspect rectiligne qui rappelle un peu une aiguille cristalline.

Ces éléments correspondent aux figures interprétées par W. Schimper et A. Meyer comme des leucoplastes arrondis ayant formé sur leur axe un cristalloïde de protéine. Nous aurons l'occasion de retrouver souvent au cours de ce travail, des figures analogues et nous les décrirons plus longuement. Bornons-nous à dire pour le moment que ces figures résultent de chondriocontes ordinaires et ne présentent en lumière polarisée aucune biréfringence. Ils ne paraissent donc pas de nature cristalline.

## D) ÉVOLUTION DU CHONDRIOME PENDANT LE DÉVELOPPEMENT DES SÉPALES ET DES PÉTALES ET ÉLABORATION DU PIGMENT XANTOPHYLLIEN

Maintenant que nous connaissons la structure des cellules parvenues à leur état définitif, il nous reste à observer l'origine de cette structure et l'élaboration du pigment, en suivant l'évolution du chondriome au cours du développement des sépales et des pétales.

Examinons d'abord le développement des cellules épidermiques de la variété blanche. Il est difficile de détacher l'épiderme d'un sépale ou d'un pétale très jeune, mais on peut l'examiner directement sur le pétale par transparence. Si l'on examine l'épiderme d'un sépale ou d'un pétale d'un bouton floral très jeune (quelques millimètres de long), on y voit des cellules de très petites dimensions dont le contenu est beaucoup plus difficile à observer que dans les cellules plus âgées. Ces cellules offrent un gros noyau placé vers le centre et un cytoplasme renfermant plusieurs petites vacuoles (Pl. 10, fig. 1 à 4). Le cytoplasme présente le même aspect homogène que dans les cellules plus âgées, mais il est moins transparent, plus épais et laisse par conséquent beaucoup plus difficilement distinguer son chondriome. Celui-ci autant qu'on peut en juger paraît être à peu près exclusivement constitué par des mitochondries granuleuses et de courts bâtonnets. On constate fréquemment des mitochondries accouplées par deux ou en formes d'haltères qui sont certainement des stades de division. Le chondriome semble donc en voie de multiplication active.

A un stade ultérieur, les cellules grossissent et l'on voit se différencier au sein du cytoplasme des chondriocontes peu allongés au milieu de courts bâtonnets et de mitochondries granuleuses toujours en voie de division.

Il semble donc que les mitochondries granuleuses représentent dans la cellule la forme primitive du chondriome. C'est sous cette forme que le chondriome paraît se multiplier dans ces cellules qui sont destinées à s'accroître considérablement et dont la croissance est nécessairement accompagnée d'une multiplication des mitochondries. Les mitochondries se transforment ensuite en bâtonnets très courts, puis en filaments allongés par suite de leur croissance dans une seule direction. Les chondriocontes deviennent enfin de plus en plus nombreux, puis l'on voit apparaître sur leur trajet de petits grains d'amidon simples ou composés dont la présence est purement transitoire et qui ne tardent pas à se résorber bien avant l'épanouissement de la fleur (Pl. 10, fig. 5 et 6). Après la résorption des grains d'amidon, les chondriocontes continuent à s'allonger ; en même temps, les petites vacuoles du cytoplasme grossissent et arrivent à se fusionner en une seule grosse vacuole et on arrive ainsi à la structure que nous avons décrite dans la fleur épanouie (Pl. 10, fig. 8 à 14).

Les sépales et les pétales des variétés jaune et jaune et rouge subissent un développement semblable, mais un peu après la résorption des grains d'amidon, on assiste à la production au sein des chondriocontes du pigment jaune. Les chondriocontes s'imprègnent d'un pigment d'abord très pâle, dont la couleur s'accentue peu à peu pendant que les chondriocontes achèvent leur croissance et se transforment en filaments très allongés (Pl. 11, fig. 4

et 5). Les globules graisseux n'apparaissent qu'un peu plus tard dans ces éléments, après la formation du pigment.

Cependant dans *Tulipa Gesneriana*, les globules graisseux se forment d'une manière très précoce précédant l'élaboration de l'amidon et du pigment jaune. Dans les stades encore très jeunes, on voit certaines mitochondries se différencier des autres, devenir légèrement plus grosses et se remplir dans leurs régions périphériques de petits globules graisseux. Ce sont celles-ci seulement qui sont destinées à s'allonger en chondriocontes et à élaborer le pigment après avoir formé de l'amidon.

Quant au pigment anthocyanique contenu dans la plupart des cellules des variétés rouges, il résulte de la transformation d'un composé phénolique qui paraît se former de très bonne heure à un stade du développement de la fleur plus jeune que ceux que nous avons observés. M. Dangeard a décrit, dans les cellules épidermiques des jeunes pétales de Tulipe des éléments semblables à des chondriocontes, qui se colorent facilement par les colorants vitaux et se transforment en vacuoles et qui nous paraissent être des chondriocontes en voie d'élaborer des composés phénoliques ; les observations de cet auteur nous font penser que ces composés naissent par un processus analogue à celui que nous avons décrit pour les pigments anthocyaniques dans les jeunes folioles de Rosier, avec cette différence que ces composés apparaissent ici sous forme de produits incolores et se transforment en pigments une fois élaborés, tandis que dans le Rosier ils apparaissent le plus souvent directement sous forme de pigments.

Ainsi, on voit donc qu'au début du développement, le chondriome paraît être exclusivement constitué de mitochondries granuleuses. Ces éléments se multiplient activement, puis tandis qu'une partie reste à l'état de grains ou de bâtonnets très courts, les autres s'allongent et se transforment en chondriocontes allongés. Ce sont ces derniers éléments du chondriome seulement qui paraissent avoir le rôle élaborateur, car ce sont eux seuls qui forment des grains d'amidon et qui dans les variétés jaunes élaborent le pigment.

A côté des chondriocontes, on trouve donc toujours dans les cellules d'assez nombreuses mitochondries granuleuses qui n'ont pas élaboré de pigment, ces mitochondries qui restent inactives ne participent pas à l'élaboration de l'amidon et du pigment et constituent ce que Altmann et Champy désignent dans la cellule animale sous le nom de *mitochondries végétatives* par opposition aux *mitochondries élaboratrices*. Comme dans la cellule animale, on observe donc dans la cellule végétale une partie du chondriome qui ne participe pas aux élaborations. Nous retrouverons cette particularité dans toutes les cellules que nous examinerons. On peut admettre que dans la plupart des cas, les mitochondries végétatives ont pour rôle de perpétuer le chondriome. Cependant, dans les cellules épidermiques des fleurs qui sont destinées à une dégénérescence rapide, les mitochondries végétatives ne peuvent avoir un semblable rôle et l'on est obligé d'admettre ou bien que ces mitochondries n'ont aucune fonction ou bien, ce qui est plus vraisemblable, qu'elles ont un rôle qui nous échappe.

La présence simultanée dans la cellule de mitochondries élaboratrices et de mitochondries végétatives a fait admettre par certains botanistes que ces deux formations seraient distinctes : les mitochondries élaboratrices représenteraient les plastes ou leucites, et les autres seules correspondraient aux mitochondries des cellules animales. Mais on retrouve dans la cellule animale les mêmes particularités. En outre, la communauté d'origine et les propriétés microchimiques identiques de ces deux catégories de mitochondries s'opposent à cette manière de voir.

Le mode de formation du pigment xantophyllien dans la fleur de Tulipe a été fort peu étudié. Seul, Schimper a consacré quelques lignes à la formation de ce pigment et a décrit dans l'épiderme des pétales de *Tulipa Gesneriana*, des chromoplastes en forme de bâtonnets, parfois incurvés. Ces éléments résultent, selon cet auteur, de la croissance dans une seule direction de petits leucoplastes arrondis ou légèrement allongés qui élaborent de petits grains d'amidon puis s'imprègnent de pigment. Ces chromoplastes ne sont pas autre chose que les chondriocontes que nous venons de décrire, ce qui prouve une fois de plus que, comme nous l'avons déjà soutenu, les plastes de W. Schimper sont assimilables aux mitochondries.

On voit par cette description que la fleur de Tulipe constitue, au même titre que celle de l'*Iris germanica* que nous étudierons plus loin, un objet précieux pour l'observation du chondriome ; on peut y suivre avec une très grande précision l'élaboration du pigment au sein de chondriocontes. Les phénomènes y sont tout à fait schématiques. La Tulipe a, en outre, sur l'*Iris germanica*, l'avantage de fleurir une grande partie de l'année par forçage et de permettre des observations de longue durée. Elle peut donc servir de pièce de démonstration et aussi de sujet d'expérience.

Il nous a donc semblé intéressant de profiter de cet objet d'étude tout à fait unique pour entreprendre une série de recherches sur les caractères physiologiques du chondriome. Notre but a été de rechercher les rapports du chondriome avec le cytoplasme fondamental, la manière dont il réagit selon certaines influences physico-chimiques, ses processus de dégénérescence dans la mort de la cellule, enfin d'observer la manière dont il se comporte sous l'action des fixateurs par une étude comparative du cytoplasme à l'état vivant et après fixation.

### E) Caractères physiologiques du chondriome. Altérations.

Nous nous sommes adressé surtout pour cela à la variété de *Tulipa suaveolens* qui renferme un pigment xantophyllien associé à un pigment anthocyanique. Grâce au pigment jaune dont ils sont imprégnés, les chondriocontes se détachent avec une netteté parfaite sur le cytoplasme incolore. En outre, la présence du pigment rouge dissout dans la vacuole facilite les expériences de plasmolyse. On peut cependant objecter que les chondriocontes, du fait qu'ils sont chargés de xantophylle, ont acquis une constitution chimique spéciale et qu'ils peuvent se comporter différemment des mitochondries ordinaires non spécialisées en vue d'une fonction physiologique déterminée. Pour éviter cette objection, nous avons toujours contrôlé nos résultats par l'observation de stades jeunes précédant la pigmentation et par celle de la variété dépourvue de pigment. D'ailleurs, les chondriocontes imprégnés de pigment des variétés jaunes coexistent toujours avec des mitochondries granuleuses et en courts bâtonnets dépourvus de pigment qui peuvent servir de témoins.

a) *Action des milieux hypotoniques.* — Si l'on examine un fragment d'épiderme d'un pétale de la variété pigmentée dans une goutte d'eau, on constate que les cellules présentent presque immédiatement une série d'altérations qui se terminent plus ou moins rapidement par la mort de la cellule. On peut admettre que ces phénomènes sont dus à l'action du milieu hypotonique par rapport au suc cellulaire. Ces altérations se traduisent d'abord par des phénomènes cytoplasmiques, tels que la formation de petites vacuoles dans le cytoplasme, la production sur le bord des trabécules reliant le noyau au cytoplasme pariétal de sortes de petits bourgeons pédicellés qui prennent un aspect vésiculeux et sont comparables aux boules sarcodiques de Dujardin. Ces altérations sont difficiles à observer ici par suite de la pauvreté du cytoplasme et nous les étudierons d'une manière plus complète dans les cellules épidermiques des bractées et des feuilles d'*Iris germanica*. En même temps, on constate un gonflement général de la cellule.

C'est surtout sur le chondriome que porte l'altération. On constate rapidement une altération très sensible du chondriome qui est d'autant plus facile à suivre que les chondriocontes colorés en jaune se détachent très distinctement sur le cytoplasme incolore. Cette altération débute par un gonflement très appréciable des chondriocontes qui en augmentant d'épaisseur montrent sur leur partie axiale une région plus hyaline et moins pigmentée que la périphérie qui conserve sa densité et sa couleur ordinaire (Pl. 13). Bientôt après, ce gonflement s'accentue et aboutit à la transformation des chondriocontes en petites vésicules. Si le chondrioconte est court, il se transforme intégralement en une vésicule ; si, comme c'est le cas le plus fréquent, il est très allongé, on voit apparaître sur son trajet une série de petits renflements vésiculeux. Chacun de ces renflements est constitué par une substance liquide incolore, entourée d'une écorce dense et pigmentée. Dans la substance liquide, on aperçoit parfois un ou plusieurs petits globules ; ces globules sont souvent des globules graisseux et noircissent par l'acide osmique ; d'autres ne réduisent pas l'acide osmique. Dans la suite, ces renflements finissent par se séparer les uns des autres sous forme de petites vésicules, sphériques qui grossissent peu à peu. Quelques-unes de ces vésicules, résultant de la transformation intrégrale d'un chondrioconte court, conservent la forme allongée du chondrioconte dont elles résultent et sont ovales. Les mitochondries granuleuses et les courts bâtonnets eux-mêmes se gonflent et prennent l'aspect de petites vésicules, mais cette transformation se produit plus lentement et succède toujours à celle des chondriocontes ; en outre, les vésicules qui résultent du gonflement de ces derniers éléments restent toujours sensiblement plus petites que celles qui dérivent de la transformation des chondriocontes. On constate donc une différence de résistance entre les mitochondries élaboratrices représentées ici par des chondriocontes et les mitochondries végétatives constituées par des mitochondries granuleuses ; celles-ci sont sensiblement plus résistantes aux actions osmotiques que les premières.

Ces altérations qui s'observent aussi bien dans le chondriome des variétés blanches (Pl. 12) que dans celui des variétés jaunes sont, comme on le verra plus loin, tout à fait semblables à celles qui ont été constatées dans la cellule animale. Elles ont donc un caractère absolument général.

Par contre, le noyau se modifie peu ; il peut se dilater légèrement et son réseau devient plus lâche par adjonction d'eau dans son nucléoplasme, ce qui finit par lui donner un aspect plus ou moins alvéolaire, mais en général, il résiste plus longtemps à l'action hypotonique que le cytoplasme et les modifications qu'il subit ne se produisent que très lentement.

Jusqu'à ce moment, la cellule est restée vivante ; les mouvements du cytoplasme persistent et si l'on a soin d'ajouter une trace d'éosine dans la goutte d'eau où se trouvent placées les cellules, on constate que le cytoplasme est imperméable et ne fixe pas le colorant.

Il est curieux de constater que les phénomènes que nous venons de décrire se produisent d'une manière plus ou moins rapide selon que les cellules renferment de l'anthocyane ou en sont privées. Les cellules dont les vacuoles sont très riches en anthocyane sont infiniment moins sensibles à l'action de l'eau et résistent beaucoup plus longtemps, sans que nous ayons pu nous en expliquer la cause. Ces faits sont particulièrement nets dans la variété jaune et rouge qui renferme à la fois des cellules dépourvues d'anthocyane, d'autres pauvres en anthocyane et d'autres très riches en anthocyane. On constate que les premières sont beaucoup plus vulnérables que les dernières.

Au bout d'un certain temps, la cellule meurt. Cette mort se manifeste par la perméabilité du cytoplasme pour l'éosine qui se fixe sur le noyau et sur le cytoplasme, ainsi que par l'arrêt des mouvements du cytoplasme. Elle est accompagnée d'une série d'altérations importantes. Le cytoplasme paraît s'hydrater et prend dès ce moment l'aspect d'une substance de plus en plus hyaline dans laquelle les vésicules mitochondriales sont animées de mouvements browniens.

Ces vésicules se gonflent jusqu'à devenir énormes, tandis que leur paroi teintée de jaune s'amincit de plus en plus ; elles présentent alors l'aspect de vacuoles. En grossissant, toutes ces vésicules arrivent au contact les unes des autres, tandis que leur paroi se réduit de plus en plus ; elles donnent alors au cytoplasme par leur ensemble une belle structure alvéolaire analogue à celle décrite par Bütschli et il nous semble que beaucoup des structures alvéolaires du cytoplasme sont dues à l'altération du chondriome, comme l'ont déjà soutenu Fauré-Fremiet et quelques autres auteurs.

Si l'on poursuit plus longtemps l'observation, on constate que beaucoup de ces vésicules finissent par éclater sous la pression de leur liquide intérieur et ne laissent subsister que leur paroi sous forme de filaments très minces et incurvés, parfois enchevêtrés qui rappellent beaucoup les figures décrites par certains auteurs comme résultant d'une division longitudinale des chondriocontes (1).

Bientôt la vacuole elle-même qui jusqu'ici était restée intacte' devient perméable et subit une légère contraction qui paraît s'expliquer par le fait qu'elle laisse passer à l'extérieur une partie des sels qu'elle renfermait à l'état de dissolution, puis elle finit par se désorganiser complètement : elle se décompose en une série de petites vacuoles remplies d'anthocyane qui peu à peu disparaissent.

A partir du moment où la vacuole a disparu, le cytoplasme se détache de la membrane cellulosique et se ramasse au milieu de la cavité en une masse à contour irrégulier qui résulte de la coagulation du cytoplasme : celui-ci apparaît sous forme d'un coagulum granulo-alvéolaire emprisonnant un grand nombre de vésicules mitochondriales. Ces vésicules diminuent souvent de volume, prennent des contours irréguliers et offrent une tendance à confluer, puis leur paroi finit par se réduire en fines granulations. Dans les variétés à pigment jaune, le pigment se sépare à ce moment des résidus des chondriocontes et les granules de pigment se fusionnent en grosses masses arrondies qui paraissent avoir une consistance semi-liquide.

---

(1) Nous sommes enclin à penser que les figures attribuées par ces auteurs (Lewitsky, Luna) à des divisions longitudinales des chondriocontes sont attribuables à une altération semblable qui se retrouve assez fréquemment sur les préparations fixées.

En même temps, le noyau qui n'avait pas subi de modifications importantes pendant la vie de la cellule, se gonfle, prend un aspect très hyalin, puis laisse exsuder son eau par formation sur tout son pourtour de petites vacuoles qui viennent se déverser au dehors. Il finit par se contracter, diminuer beaucoup de volume et prendre un aspect très dense et une forme irrégulière dus sans doute à la coagulation de sa substance s'effectuant avec perte d'eau.

L'ensemble de ces phénomènes qui se produisent à la mort de la cellule ressemblent beaucoup à ceux que nous décrirons plus loin dans la plasmolyse, si bien que nous nous sommes demandés s'ils n'étaient pas dus à une dessiccation de la préparation produite pendant l'examen microscopique de longue durée et aboutissant à un résultat analogue à la plasmolyse. Mais il est facile d'éviter ces causes d'erreur et l'on peut s'assurer que ces phénomènes résultent bien de la mort de la cellule sous l'influence d'un milieu hypotonique. Ces phénomènes paraissent pouvoir s'expliquer par une coagulation du cytoplasme qui se produit à la mort de la cellule avec élimination d'eau.

On voit donc qu'en somme l'action des liquides hypotoniques sur les cellules se traduit par une irritation du cytoplasme, par son hydratation et surtout par le gonflement des mitochondries et leur transformation en vésicules. Elle finit par déterminer la mort de la cellule se manifestant par une désorganisation de la vacuole et coagulation du cytoplasme et du noyau.

Les altérations de la cellule en milieu hypotonique n'ont été que rarement étudiées. Cependant Lewitsky et Rudolph ont décrit les altérations qui se produisent dans les cellules des écailles axillaires d'*Elodea canadensis,* lorsqu'on les examine dans l'eau. Ces auteurs sont d'accord pour constater la production d'une structure alvéolaire artificielle du cytoplasme et la formation au sein du cytoplasme de petits corpuscules semblables aux physodes de Crato dont les auteurs donnent une description trop imprécise pour nous permettre de les comparer aux figures d'altérations que nous avons constatées. Quant au chondriome, il cesse d'être distinct et pas plus Levitsky que Rudolph n'indiquent les processus de sa résorption.

Au contraire, dans la cellule animale, Fauré-Fremiet, R. et H. Lewis, Bang et Sjövall ont constaté les mêmes altérations du chondriome que nous venons de décrire dans la cellule végétale, c'est-à-dire la transformation des éléments du chondriome en grosses vésicules. Fauré-Fremiet a même constaté par l'observation vitale de certains Infusoires que les vésicules mitochondriales en se gonflant arrivent en contact les unes des autres et déterminent par leur ensemble une structure alvéolaire du cytoplasme analogue à celle qui a été décrite par Bütschli. Comme Verworen et Degen, cet auteur admet donc que la structure alvéolaire de Bütschli n'est pas une structure normale, mais résulte de l'altération d'un cytoplasme d'apparence homogène.

Pour éviter ces altérations dues aux milieux hypotoniques qui gênent les observations vitales et peuvent prêter à des erreurs d'interprétation, nous avons cherché à constituer un milieu isotonique en montant la préparation dans des solutions à doses croissantes de NaCl. L'isotonie semble réalisée, selon la variété de Tulipe et l'état du développement entre 1 et 1,50 °/₀ de NaCl. Dans la variété blanche, elle se trouve située au voisinage de 1,50 °/₀ ; au contraire, elle paraît un peu plus élevée dans la variété pigmentée surtout dans la fleur ouverte, elle est comprise entre 1,50 et 2 °/₀.

Bien qu'avec les concentrations que nous venons d'indiquer, les cellules paraissent manifester un certain équilibre osmotique, il ne nous a pas été possible d'obtenir avec NaCl un milieu parfaitement isotonique dans lequel les altérations du chondriome soient absolument évitées ; on arrive seulement à les rendre moins rapides et moins accusées. Les solutions de NaCl qui donnent de bons résultats sur les tissus animaux semblent avoir sur les tissus végétaux une action nocive.

Aussi les avons-nous remplacées par des solutions de saccharose à doses équivalentes qui nous paraissent mieux convenir aux tissus végétaux habitués à vivre dans les milieux hydrocarbonés. Nous sommes ainsi parvenus à réaliser un milieu isotonique favorable permettant une bonne conservation du chondriome. Ce milieu varie selon l'espèce examinée entre 7,50 et 10,50 °/₀ de saccharose. On peut ainsi conserver pendant assez longtemps une préparation sans qu'elle manifeste de signes d'altération.

A 3 °/₀ de NaCl et à 22 °/₀ de saccharose, les cellules montrent toujours, dans quelque variété que ce soit, une plasmolyse tout à fait caractérisée.

b) *Action des milieux hypertoniques sur le chondriome. Plasmolyse.* — Nous avons cru intéressant de profiter de ces cellules très favorables pour faire une étude aussi complète que possible de ce phénomène, d'autant plus que jusqu'ici, l'action de la plasmolyse sur la structure fine de la cellule n'a pour ainsi dire pas été entreprise. De Vries, qui a pour la première fois décrit la plasmolyse, a négligé d'observer les modifications de la structure fine du cytoplasme et du noyau pendant ce phénomène. D'autres auteurs (Tswett, Chodat et Boubier, Kohl, Strasburger, etc.) se sont occupés de la manière dont se comportent la vacuole ou les communications protoplasmiques, mais nous ne possédons, à notre connaissance, que de courtes études de Schwartz, Matruchot et Molliard sur les phénomènes cytoplasmiques et nucléaires.

Schwartz se borne à constater l'apparition, pendant la plasmolyse, d'une structure alvéolaire du cytoplasme. Matruchot et Molliard se sont attachés surtout à l'étude des phénomènes nucléaires : en plasmolysant des cellules dans une solution de glycérine, ces auteurs observent une vacuolisation du noyau aboutissant à la formation de vésicules plus ou moins nombreuses, puis le déversement du contenu de ces vésicules dans la grande vacuole cytoplasmique, soit par diffusion, soit par éclatement du noyau. Enfin, les mêmes auteurs constatent l'apparition dans le cytoplasme d'une structure alvéolaire. Matruchot et Molliard admettent que ces phénomènes nucléaires et cytoplasmiques sont dus à une séparation de l'eau de constitution du noyau et du cytoplasme qui se déverserait d'abord dans de petites vacuoles lesquelles se diffuseraient ensuite peu à peu dans la grande vacuole.

Nos expériences ont été faites comme pour l'action des milieux hypotoniques sur diverses variétés de Tulipe, mais la variété à pigment jaune et rouge s'est montrée encore ici la plus favorable : les chondriocontes sont rendus plus distincts par le pigment jaune qui les imprègne et d'autre part les vacuoles ressortent beaucoup mieux que dans les autres variétés, grâce au pigment anthocyanique très abondant et d'un rouge très vif qu'elles renferment à l'état de dissolution.

La plasmolyse provoquée par des solutions à diverses concentrations de saccharose ou de NaCl débute par une contraction de la vacuole déterminant d'abord une rétraction partielle du cytoplasme qui se détache de place en place de la membrane cellulosique (Pl. 14, fig. 1). Puis cette rétraction s'achève par la contraction de plus en plus grande de la vacuole et la masse cytoplasmique ou protoplaste se ramasse au milieu de la cavité cellulaire (Pl. 14, fig. 2). Selon la longueur de la cellule, elle prend, au milieu de la cavité cellulaire, l'aspect d'une unique masse arrondie (Pl. 14, fig. 3) ou de plusieurs masses arrondies, de dimensions inégales, disposées en chapelets le long de la cellule et réunies l'une à l'autre par de fins trabécules (Pl. 14, fig. 4 et 5).

Chacune de ces masses renferme ordinairement une vacuole qui provient de la division par étranglement pendant la contraction de l'unique vacuole primitive. Les vacuoles offrent un contour parfaitement distinct comme si elles étaient limitées du cytoplasme par une paroi (tonoplaste de de Vries). Parfois en se contractant, elles peuvent donner naissance tout autour d'elles par de multiples bourgeonnements à de petites vacuoles qui sont assez semblables à celles que de Vries (1) a observées dans les cellules de *Drosera rotundifolia*. (Pl. 14, fig. 8 à 10).

Le cytoplasme lui-même est nettement délimité dans la cavité cellulaire et donne l'impression d'être pourvu d'une mince paroi albuminoïde. Il reste cependant rattaché à la membrane cellulosique par de nombreux filets cytoplasmiques, en général très minces, plus ou moins visibles, souvent dichotomisés (Pl. 14, fig. 1 à 6). Ces filets apparaissent formés d'une substance absolument homogène et ne renfermant jamais de mitochondries ; par contre, ils montrent parfois quelques globules graisseux. Ces filets, que Kohl considère comme des communications protoplasmiques entre les cellules (plasmodesmes), nous semblent au contraire attribuables, comme l'ont montré Chodat et Boubier, à la paroi périplasmique ou plasmoderme qui, en vertu de sa viscosité, conserverait des adhérences avec la membrane cellulosique. A côté de ces filaments très minces, il n'est pas rare d'observer des filaments plus épais, qui renferment quelques mitochondries et qui peuvent être attribués à des communications cytoplasmiques (plasmodesmes), mais ceux-ci se rompent ordinairement dès le début de la plasmolyse. Ces filaments semblent être, en effet, en relation avec les ponctuations de la cloison cellulosique (Pl. 14, fig. 7). Mais cette cloison est très mince et peu favorable à l'étude de communications protoplasmiques. Nous trouverons avec les cellules épidermiques des feuilles d'*Iris germanica* un objet qui se prête beaucoup plus facilement à l'étude des plasmodesmes et qui nous permettra de préciser cette question.

---

(1) Ces phénomènes, observés pour la première fois dans les cellules des tentacules de *Drosera* au contact de corps étrangers et désignés sous le nom d'*agrégations*, ont été l'objet d'études ultérieures de de Vries et Bokorny. Quand on excite un tentacule, quel que soit le moyen d'excitation employé, on observe dans les cellules épidermiques de la tête et du pied du tentacule la fragmentation de la vacuole remplie d'anthocyane en une multitude de petites vacuoles, de formes tubulaires, qui résultent de multiples divisions de la grosse vacuole. Après que l'excitation a cessé, toutes ces petites vacuoles se refusionnent en une unique vacuole.

Pendant ces phénomènes, on constate une contraction du noyau qui diminue de volume et prend un aspect plus dense. Il nous a été impossible, aussi bien dans ces cellules que dans celles d'*Iris germanica*, d'observer les phénomènes qui ont été décrits par Matruchot et Molliard dans des cellules plasmolysées par une solution de glycérine. Le noyau ne subit aucune altération apparente et se borne à se contracter tant que la cellule est vivante.

Quant aux mitochondries, elles semblent également subir une certaine contraction, car les chondriocontes deviennent sensiblement plus minces que dans la cellule normale. Cependant cette contraction est toujours légère et si l'on soumet à une solution hypertonique un fragment d'épiderme qui a déjà subi l'action de l'eau et où les chondriocontes commencent à être vésiculeux, on constate que ces éléments ne reviennent jamais à leur forme primitive.

Par contre, il n'est pas possible d'observer les phénomènes qui se produisent dans le cytoplasme. La pauvreté du cytoplasme et l'extrême richesse des chondriocontes gênent cette observation que nous nous réserverons de faire en étudiant la plasmolyse des cellules épidermiques des feuilles d'*Iris germanica*.

Quant aux vacuoles, elles présentent des phénomènes de précipitation de leur contenu anthocyanique. L'anthocyane qui se trouve normalement à l'état de solution plus ou moins épaisse dans le suc vacuolaire se concentre de plus en plus, ce qui lui donne une couleur encore plus intense, puis on voit souvent une partie du pigment se condenser sous forme d'un certain nombre de corpuscules arrondis, de dimensions variables.

Parvenue à cette phase, la cellule se maintient quelque temps sous cette forme. Elle est encore vivante ; son cytoplasme et son noyau ne prennent pas l'éosine, si l'on a soin d'ajouter quelques traces de ce colorant dans la solution hypertonique. Enfin, en transportant le fragment d'épiderme que l'on a plasmolysé dans une solution isotonique ou hypotonique, on constate que la cellule se gonfle et reprend peu à peu son aspect normal : si le protoplaste s'est contracté en une seule masse, on voit la vacuole se gonfler et ramener le cytoplasme qui l'entoure contre la membrane cellulosique. Si au contraire, le protoplaste se trouve contracté en plusieurs masses réunies par de minces filets protoplasmiques, on constate que la vacuole qui occupe le centre de chacune de ces masses se gonfle et détermine le rapprochement des masses, puis leur fusion. Cette fusion opérée, les vacuoles, en se gonflant, se trouvent ramenées peu à peu au contact l'une de l'autre et finissent par se confondre en une même vacuole. Cette fusion des vacuoles dans des cellules plasmolysées transportées dans un milieu isotonique a été déjà décrite par Kuster dans les cellules épidermiques de l'*Allium cepa*. On peut d'ailleurs obtenir la fusion de petites vacuoles voisines par une simple pression exercée sur la lamelle de la préparation.

Au bout d'un temps variable, selon la concentration de la solution hypertonique, la cellule meurt ; le cytoplasme devient perméable et se colore ainsi que le noyau par l'éosine ; il reste cependant délimité dans la cavité cellulaire par un contour très net.

Mais il présente, dès ce moment, des phénomènes très caractéristiques ; il paraît se rehydrater et se gonfler légèrement. Il prend un aspect très aqueux ; en même temps, les chondriocontes se gonflent, forment sur leur trajet une série de petites vésicules qui finissent par se séparer les unes des autres et se transforment en grosses vésicules ; les mitochondries granuleuses elles-mêmes finissent par subir le même sort et prendre l'aspect de vésicules plus petites que les précédentes. Les vésicules mitochondriales ainsi que les globules graisseux présentent alors des mouvements browniens (1) dans le cytoplasme dont les courants sont complètement arrêtés. Enfin le noyau lui-même subit un gonflement très appréciable et prend l'aspect d'une vacuole formée par un liquide aqueux rempli de grains de chromatine également animés de mouvements browniens. A ce stade, la cellule est morte : placée dans un milieu isotonique, elle est encore capable de se gonfler par suite de la vacuole qui reste intacte et réabsorbe l'eau, mais son cytoplasme conserve des signes d'altération très nets.

---

(1) D'après les récentes observations de W. Seifrez sur le cytoplasme des plasmodes des Myxomycètes, le mouvement brownien des particules du cytoplasme serait le premier symptôme de l'altération du cytoplasme.

Bientôt la membrane périplasmique semble se désorganiser, le contour du protoplasme perd sa netteté, puis le cytoplasme finit par se détendre et se répartir dans toute la cellule sous forme d'une sorte de précipité finement granuleux, entremêlé de grosses vésicules mitochondriales, en suspension dans le liquide (Pl. 15). Les vésicules mitochondriales se gonflent de plus en plus et quelques-unes même arrivent à éclater ; souvent elles confluent et forment des masses de formes très irrégulières dues sans doute à leur coagulation. On peut observer parfois pendant l'altération des vésicules mitochondriales l'expulsion du pigment jaune dans le cytoplasme : les granulations pigmentaires se fusionnent ensuite en grosses masses jaunes. Le noyau lui-même subit un gonflement considérable qui aboutit vers la fin de la plasmolyse dans les solutions salées par déterminer la rupture de sa membrane, de telle sorte qu'il finit par disparaître complétement. Dans les solutions sucrées, le gonflement est au contraire suivi d'une rétraction considérable du noyau qui semble, comme dans les solutions hypotoniques, se coaguler après avoir perdu une grande partie de son eau de constitution. Le phénomène d'éclatement du noyau dans les solutions salées semble correspondre au processus observé par Matruchot et Molliard, mais il n'a pas la signification que lui attribuent ces auteurs. Il paraît résulter au contraire d'une hydratation du noyau au contact du liquide qui remplit la cavité cellulaire après la coagulation du cytoplasme. Nemec a décrit des phénomènes nucléaires comparables dans des cellules soumises à une déshydratation, puis placées ensuite dans l'eau. Guttenberg a observé de son côté des noyaux se gonflant et finissant par éclater, dans certaines galles.

Par contre, la vacuole résiste beaucoup plus longtemps et apparaît en quelque sorte isolée du cytoplasme désorganisé et coagulé dans la cavité cellulaire; c'est le phénomène d'isolement de la vacuole réalisé par de Vries et Tswett. Elle reste tendue et apparaît toujours avec un contour nettement délimité. Si on place une cellule se trouvant à ce stade dans une solution isotonique ou dans de l'eau pure, on constate que ces vacuoles se gonflent, se rapprochent, leurs parois de contact s'accolent, puis disparaissent rapidement. Les vacuoles sont alors fusionnées en une vacuole énorme, mais le cytoplasme reste désorganisé.

Dans une phase ultérieure du phénomène, la paroi périvacuolaire finit à son tour par se désorganiser et le contenu des vacuoles se dissémine dans la cellule. L'anthocyane se répand dans la cavité cellulaire et peut même se diffuser au dehors de la cellule et colorer le liquide hypertonique en rose. Lorsque le noyau persiste lors de la rupture des vacuoles, on constate que l'anthocyane se fixe sur lui. Le même phénomène s'observe, comme nous le verrons, lorsqu'on suit au microscope l'action d'un fixateur sur ces cellules ; c'est là un exemple d'autochromatisme qui a déjà été signalé par F. Moreau.

L'action du saccharose ou de NaCl produit les mêmes phénomènes à concentrations équivalentes avec seulement quelques différences de détail insignifiantes. L'ensemble des phénomènes que nous venons de décrire s'accomplit toujours de la même manière quelle que soit la concentration employée, seulement les phénomènes deviennent de plus en plus rapides au fur et à mesure que la concentration s'élève ; c'est ainsi qu'à une concentration voisine de l'isotonie, les phénomènes sont très lents et les cellules peuvent rester vivantes pendant quelques heures ; au contraire, à une dose très supérieure, les phénomènes sont extrêmement rapides et les cellules meurent au bout de quelques minutes.

Aussi, pour bien observer ces phénomènes, est-il préférable d'employer des concentrations peu élevées. Une autre cause intervient dans la durée du phénomène : c'est l'épaisseur de la membrane cellulosique. Si l'on plasmolyse des fragments d'épiderme où l'on a eu soin de laisser subsister l'assise de mésophylle située au-dessous, le phénomène est moins rapide et les cellules peuvent vivre pendant plusieurs heures, parce que la membrane épidermique externe, cutinisée et plus épaisse que la membrane interne, est peu perméable, et que les cloisons des cellules du mésophylle gênent la pénétration, par les parois internes de l'épiderme. Le phénomène est plus long encore et peut persister pendant 24 heures si l'on emploie des fragments de pétale tout entier que l'on immerge dans des solutions hypertoniques.

*(A suivre)*

# NOTES BIBLIOGRAPHIQUES

---

**Arnaud. — Les Astérinées.** (*Thèse présentée à la Faculté des Sciences de Paris*, 1918).

On voit souvent sur les feuilles vivantes ou les feuilles mortes, sur des brindilles vivantes ou sèches des amas noirâtres de forme assez régulière, plus ou moins saillants, compacts ou plus ou moins pulvérulents, constituant ce que l'on appelle des *fumagines*.

Ces amas sont des Champignons qui sont tantôt simplement saprophytes, tantôt véritablement parasites.

C'est de ces derniers que M. Arnaud vient de faire une étude approfondie. Il les réunit sous le nom « d'Astérinées » et fait bien remarquer dès le début de son travail que ce mot ne désigne pas un groupe systématique, car on trouve de ces fumagines parasites dans des groupes assez différents de Champignons, mais un groupe *biologique*, présentant même un rapport fort étroit avec des conditions déterminées de milieu, en particulier, disons-le de suite, avec un *climat pluvieux*.

Après quelques généralités, l'auteur divise son travail en trois parties :

*Première partie :* Morphologie comparée des Champignons astérinoïdes.

Le mycélium se présente sous deux formes ayant chacune leur rôle spécial. Le mycélium *externe* rampe à la surface de l'hôte : quant deux filaments se rencontrent, il est rare qu'ils ne s'unissent pas par une anastomose.

Le mycélium *interne* vit à l'intérieur de l'hôte et s'en nourrit. La pénétration se fait parfois par les stomates, mais plus souvent par perforation de la cuticule à l'aide d'une action diastasique. Le plus souvent, les cellules perforatrices sont déjà spécialisées comme forme généralement arrondie, on leur a donné le nom de *stigmocystes ;* elles sont même portées sur des rameaux spéciaux ou *stigmopodies*. Ce mycélium interne envoie dans les cellules de l'hôte des suçoirs, souvent simples et plus ou moins arrondis, parfois diversement ramifiés et méritant les épithètes de digités, coralloïdes, etc.

On rencontre aussi sur le mycélium des filaments courts, terminés en pointe, dont l'existence ou les formes de détails jouent un rôle dans la définition et la détermination des espèces et auxquels on a donné le nom d' « *hypophodies mucronées.* »

C'est généralement en ayant comme point de départ une stigmopodie que se forment les conceptacles ; et à cause de cela, on a parfois voulu voir dans ces stigmopodies un organe analogue à un ascogone ayant un rôle sexuel effectif, ou étant un témoin survivant d'appareil sexuel dégénéré. Rien n'est moins démontré.

Ces conceptacles sont soit des périthèces à asques, soit des conceptacles à conidies, car comme nous allons le voir, il y a, au point de vue systématique, des Astérinées producteurs d'ascospores et des Astérinées purement conidifères.

*Deuxième partie :* Systématique et Morphologie spéciale des Champignons astérinoïdes.

Dans cette partie, l'auteur étudie en détail au point de vue systématique les genres et les espèces de Champignons astérinoïdes. Il faut lire le Mémoire lui-même pour prendre connaissance des faits nombreux et intéressants que signale l'auteur.

Disons seulement qu'au point de vue systématique, les Astérinées comprennent des types de deux ordres : 1° L'ordre des *Microthyriales* comprenant lui-même deux familles : la famille des Microthyriacées qui sont des Pyrénomycètes et possèdent des asques, et la famille des Microthyrioporidées qui n'ont que des conceptacles à conidies; 2° Ordre des Dothidéales comprenant des types du groupe des Dothidéacées.

*Troisième partie :* Climatologie et distribution géographique.

Les Astérinées ont leurs représentants les plus riches en formes dans les régions intertropicales, et s'y développent essentiellement dans les stations les plus pluvieuses. L'auteur donne un certain nombre de cartes qui indiquent la répartition de plusieurs genres et donnent en outre les quantités de pluies que reçoivent les régions correspondantes. Il existe aussi des formes européennes, mais on les rencontre précisément surtout dans les parties de l'Europe où les pluies et les rosées sont particulièrement abondantes.

Par exemple, un des genres les plus riches en formes est le genre *Meliola*. Or, ce genre ne se rencontre que dans les zones pluvieuses : Pyrénées Centrales, Vosges, Montagnes de l'Europe Centrale, Marais de Vénétie, Montagnes d'Ecosse, etc. Une exception signalée n'est qu'apparente : le *M. nidulans* ne se trouve que dans le Sud de la Suède où les chutes de pluie ne sont pas très abondantes. Mais l'auteur qui signale le fait, ajoute que les rameaux attaqués étaient entourés de Mousses qui maintenaient une humidité constante : de plus, le sud de la Suède est marécageux, et le climat étant froid, une faible quantité de pluie suffit à assurer la saturation de l'atmosphère.

L'auteur a illustré son Mémoire de plus de cinquante très belles planches; en général, une planche est consacrée à une seule espèce, et pour faciliter les comparaisons, les mêmes grossissements sont adoptés pour les éléments comparables. On trouve ainsi groupés dans chaque planche les divers aspects que présente le Champignon suivant la connaissance progressivement de plus en plus détaillée que l'on doit en acquérir. On trouve généralement représenté pour les diverses espèces :

1° l'échantillon en grandeur naturelle ; 2° une tache de Champignon à la lumière réfléchie et grossie dix fois ; parfois une coupe de la feuille et du Champignon à ce même grossissement : 3° un aspect du Champignon vu au microscope par transparence et à un grossissement faible (50 fois) ; 4° une coupe de conceptacles grossie 375 fois ; 5° divers détails anatomiques : mycélium, poils, paroi des conceptacles, grossis 375 fois ; 6° les spores, les suçoirs quand ils sont représentés, grossis 1000 fois.

On voit d'après cette analyse que le travail de M. Arnaud constitue une très importante contribution anatomique, systématique et biologique à un intéressant groupe physiologique de Champignons. Léon DUFOUR

A. W. R. DON and G. HICKLING. — **On *Parka decipiens*.** *Quaterly Journal Géol. Soc. London*, vol. LXXI, pt. 4, n° 284, p. 648-666 ; pl. LIV-LVI, 1917.

Le nom de *Parka decipiens* indique bien la difficulté que présente pour les paléontologistes l'interprétation de ces fossiles du Dévonien inférieur d'Ecosse, considérés tantôt comme des restes d'animaux, tantôt comme appartenant au règne végétal. Dawson et Penhallow ont rapporté aux Hydroptéridées le genre *Parka*, établi sur des groupes de sporanges ovoïdes, trouvés en association avec des tiges rampantes à divisions dichotomes. R. Zeiller, après avoir cité Dawson et Penhallow, ajoute « On n'a, somme toute, sur ce type générique, que des renseignements insuffisants pour apprécier avec certitude ses affinités (1). »

R. Don et M. George Hickling ont repris l'étude de ces empreintes énigmatiques, en se servant de la méthode de Schulze (acide azotique et chlorate de potasse). Il en résulte qu'il s'agit bien de tissus végétaux, sans doute d'un thalle ressemblant à certaines algues *(Melobesia lichenoïdes)*.

Les auteurs n'ont pu déceler la présence d'indusies, mais dans de petits disques (diamètre = 2 mm.), dont le thalle est couvert sauf en la région marginale, ils ont reconnu des masses de spores à membrane cuticularisée. Ces spores sont d'une seule sorte.

Par la structure cellulaire, le genre *Parka* a sa place marquée parmi les Thallophytes (Algues aquatiques), mais la présence constatée de spores cuticularisées plaide en faveur d'une plante plus élevée, si toutefois ces végétaux anciens peuvent entrer dans le cadre de nos classifications.

A. CARPENTIER

(1) R. ZEILLER. Éléments de Paléobotanique, p. 136, 1900.

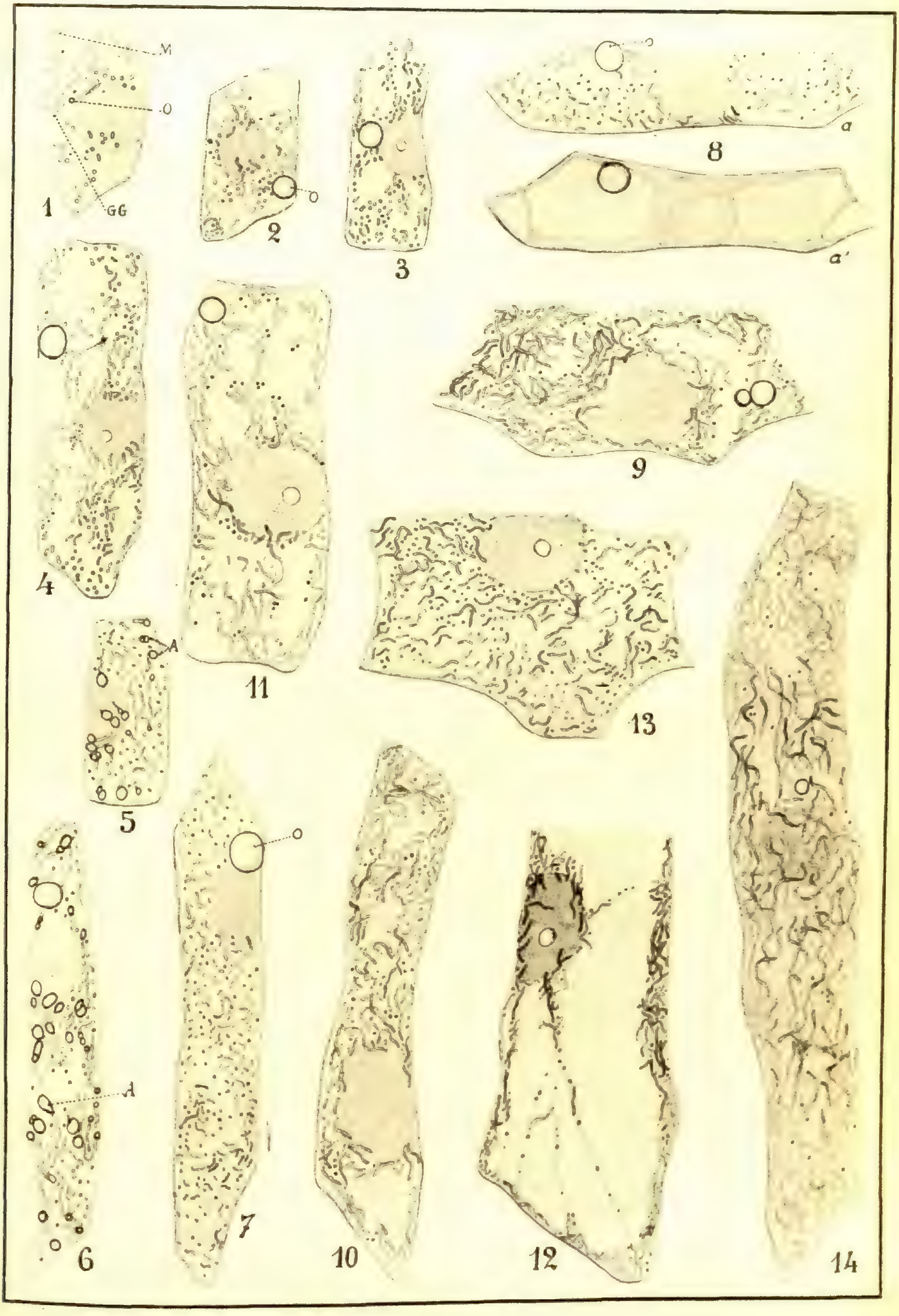
Marie C. STOPES. — **A new Araucarioxylon from New Zealand,** *Annals of Botany*, vol. XXVIII, pp. 341-350 ; pl. XX, 1914.

Le genre *Araucaria* était déjà représenté en Nouvelle-Zélande vers le milieu du Crétacé. *Araucarioxylon Novæ-Zeelandii* M. C. Stopes sp. est remarquable par la succession des couches annuelles de bois secondaire, attestant, semble-t-il, l'existence d'un cycle de saisons dans cette région dès l'époque crétacée. De plus, les trachéides, en contact avec les rayons médullaires, ont leur paroi épaissie et contiennent des amas résineux, en forme de bobines aplaties « resin spools », que M. Thomson a d'ailleurs analysés et décrits dans des Araucarinées actuelles (1).

A. CARPENTIER

(1) R. B. THOMSON. On the comparative anatomy and affinities of the Araucarineæ. *Phil. Trans. Roy. Soc.*, vol. CCIV, pp. 1-50 : pl. I-VII, 1913.

Nemours. — Imp. Henri BOULOY. *Le Gérant :* Henri BOULOY.


M
O
GG
1
O
2
3
O
a
8
a'
4
9
11
A
5
13
O
6
A
7
10
12
14

Guilliermond, del. Le Deley, imp.

*Cellules épidermiques des pétales de* Tulipa suaveolens *observées sur le vivant en solution isotonique*

# NOTES D'HERBORISATION AU MAROC

### par M. Marcel RIGOTARD

Les botanistes qui ont étudié la flore marocaine sont nombreux. Depuis 1773, date à laquelle le chirurgien anglais Spottwood donnait un catalogue de six cents espèces de plantes qu'il avait récoltées dans la région de Tanger, les chercheurs se sont succédé pour ainsi dire sans interruption dans le Moghreb. Notre intention n'est pas de faire l'historique détaillé de ces missions et d'en exposer les résultats — ce qui serait cependant bien instructif et attrayant (1). Disons simplement qu'avant l'occupation française les voyages s'effectuaient dans des conditions d'insécurité (2) qui ne permettaient pas d'amasser, en tout lieu et en quantité suffisante, à la fois échantillons et observations. Il n'est pas surprenant, par suite, que le bilan de plus d'un siècle d'explorations scientifiques diverses se soit chiffré, somme toute, par un total assez réduit de connaissances (3). Ces pionniers de la science n'en gardent pas moins la place à part dévolue aux précurseurs et ils méritent, en même temps que notre reconnaissance, notre admiration pour l'audace qu'ils ont dû déployer parfois. L'ère de prospérité qui s'ouvre maintenant assurera désormais aux chercheurs les facilités indispensables aux études de longue haleine ; l'exploration du nord-ouest africain est entreprise aujourd'hui par des naturalistes qui vont devenir de plus en plus nombreux. On pourra aussi aider à l'œuvre du temps en donnant des facilités et encouragements aux missions d'études. Plus tôt nous connaîtrons ce pays où se dépense tant d'activité française, plus nous récolterons abondamment les fruits de nos sacrifices.

---

(1) Voir sur ce point les travaux de E. Cosson, en particulier, *Compendium Floral Atlanticæ*, 1881, 2 vol. Masson, éditeur.

(2) Par exemple « Voyage de Mogador au Maroc » de Balansa, interrompu brusquement par suite de l'hostilité des chefs indigènes. (*Bull. Soc. Géogr.*, avril 1868).

(3) E. Cosson, faisant l'inventaire de la Flore marocaine comptait cependant 1.500 espèces connues. (Voir *Bull. Soc. bot. de France*, séance du 14 mars 1873).

⁂

Au cours d'un séjour de deux années au Maroc, j'ai récolté, autant qu'il m'a été possible de le faire, l'ensemble de la flore des localités où j'ai passé : environs de Casablanca principalement (1) ; littoral et marais de Fédhala ; Camp Boulhant ; Mazagan ; Azemmour ; Rabat ; Meknès ; Fez, quelques points de la Mamora ; Marrakech. Toutefois, certains groupes de plantes sollicitant plus spécialement mon attention, j'ai dû demander des échantillons et renseignements à des personnes que je me fais un devoir de remercier ici, en particulier M. le lieutenant Ducellier, professeur de Botanique à l'École d'Agriculture de Maison Carrée (Alger) qui a effectué la détermination rigoureuse des plantes dont la liste figure plus loin et M. R. Benoist, du Muséum d'Histoire Naturelle. M. le Capitaine Rambaud, Chargé de cours à la Sorbonne, m'a fourni, pour mes herborisations dans la région curieuse de Fédhala et de l'Oued Mellah des indications fort utiles. MM. les lieutenants Durand et Giraud, ingénieurs agricoles, ont bien voulu me communiquer la liste des plantes qu'ils ont récoltées dans la Région de Fez (2), où j'ai herborisé pendant trop peu de temps (fin février 1917) accompagné de M. L. Rigotard, chargé de cours à l'École Coloniale, cela permettra de constater l'aire de dispersion des espèces. M. André Leroy, Ingénieur agronome, chargé de mission, m'a procuré des échantillons intéressants de la région phosphatière d'El Borondj (3) et M. le Capitaine Perrot, inspecteur des Forêts, m'a remis quelques jolies Légumineuses des montagnes d'Azron. Je ne puis enfin écrire cette note sans remercier M. Malet, Directeur de l'Agriculture au Maroc, de l'intérêt qu'il ne cesse de porter aux personnes qui étudient les questions scientifiques marocaines.

Les naturalistes voyageurs ont encore un bien vaste champ à explorer, comme on peut aisément s'en rendre compte en comparant entre eux les catalogues d'herbier (4). Pour une même région, de surface restreinte, il est possible de dresser parallèlement deux listes de plantes ; or, parfois, elles sont loin de se superposer. Cela tient évidemment à ce que les herborisations n'ont pas toujours présenté — question d'époque de l'année mise à part — la même facilité dans les différents points d'une même contrée en raison des contingences diverses imposées aux voyageurs. Cette considération doit être mise en relief : aussi peut-il être nécessaire, par conséquent, de stationner à nouveau en des lieux déjà explorés, mais trop hâtivement, et il ne faut pas craindre de suivre ou de recouper maintes fois les itinéraires déjà suivis.

---

(1) Sauf indication spéciale nous les indiquons, dans notre liste, sous la dénomination *Chaouïa*.

(2) J'ai fusionné avec la mienne la liste de leurs plantes, déterminées également par M. Ducellier.

(3) Ces plantes, de même qu'un certain nombre d'espèces provenant de mes récoltes, ne sont pas encore toutes déterminées.

(4) Parmi les travaux récents sur la flore marocaine, on pourra consulter :
Brives, *Voyages au Maroc*, Jourdan, éditeur, Alger.
de Ségonzac, *Voyages au Maroc*.

La connaissance approfondie des végétaux spontanés du Maroc nous fera mieux comprendre les relations qui existent entre la plante d'une part, le sol et le climat de l'autre, en un mot le milieu où la plante croît et avec lequel la colonisation doit compter pour mettre à profit ce qui est susceptible de contribuer à l'exploitation rémunératrice du sol.

De ce milieu nous avons déjà quelques notions générales sur la composition du sol et le climat. Il ne paraîtra pas superflu dans cette étude sommaire de présenter au lecteur quelques résultats des analyses des échantillons de terre que j'ai prélevés dans les stations principales où j'ai herborisé (2), ainsi que les données du service météorologique du Protectorat. Ces renseignements extrêmement succincts ont simplement pour but de fixer dans l'esprit du lecteur les caractéristiques essentielles du climat. Des tableaux détaillés montreraient l'énorme différence des totaux de pluie d'hiver et d'été : cinq

---

de Gironcourt, (*Agric. pratique des pays chauds*, 1909, p. 75).

*Bulletin de la Soc. d'Hist. Nat. de l'Afrique du Nord*,

Cap. Perrot, (*Bull. de la Soc. de géographie du Maroc*, juillet 1918).

Moreau, Pharmacien-major (*Arch. méd. et pharm. milit.*, t. 62, p. 625).

Velu, Vétérinaire-major. Notes diverses in *Bull. Soc. géogr. du Maroc*.

Arbost, Notes de floristique marocaine (*Le monde des plantes*, 1918).

J. Pitard, Exploration scientifique du Maroc, Botanique, 1912, ouvrage fondamental sur l'Ouest du Maroc français.

Journal of a tour in Marocco and the Great Atlas by J. D. Hooker and John Ball, London, 1878.

L. Gentil, Maroc Physique, chapitre sur la végétation renfermant une étude détaillée des conditions de végétation de l'Arganier.

Des botanistes, fonctionnaires ou mobilisés au Maroc, ont effectué des recherches intéressantes en différents points du Maroc, leurs travaux contribueront largement à la connaissance de la flore du Protectorat.

(2) Voir pour plus de détails : Contribution à l'étude agronomique des terres du Maroc, par M. et L. Rigotard. (*Annales de la Science agronomique*, 1918).

ou six mois sans pluie, ou presque, est courant. En été, dans l'intérieur, le thermomètre se maintient pendant de longues journées au-dessus de 40° ; les sécheresses sont redoutables, les pâturages plus ou moins détruits, les troupeaux fréquemment décimés : la végétation estivale n'est plus intéressante alors qu'au point de vue botanique, mais le but pratique pour les colons et les indigènes consiste à faire des réserves de fourrages en hiver pour les faire consommer en été aux animaux ; c'est, comme le fait remarquer fort justement M. le Vétérinaire Monod, Chef du Service Zootechnique du Protectorat, l'inverse de ce qui se fait en Europe où l'on récolte les fourrages en été pour les distribuer l'hiver aux animaux en stabulation.

Alors qu'en fin décembre le froid suspend la végétation dans nos pays, on récolte au Maroc les premières fleurs, et, lorsqu'en juin les plantes sont entièrement desséchées par les rayons d'un soleil implacable, nos campagnes françaises se couvrent au contraire d'une riche parure : il y a là une différence qui ne manque pas de retenir l'attention de tous ceux qui font un séjour prolongé dans ces pays de l'Afrique du Nord.

Une autre remarque montrera bien l'influence des vents de l'Atlantique sur le climat — parfois trop humide — de la côte ; au point de vue de la latitude, Rabat et Casablanca se trouvent à la latitude des Schotts de l'extrême sud tunisien ; Mogador, à peu près à la latitude d'Elgoléa et des déserts de la Tripolitaine, de même que Marrakech, à l'intérieur, où la chaleur suffit à peine pour mûrir les dattes.

Voici, résumés en un tableau, les chiffres relatifs au climat et à la composition chimique de quelques sols, où nous avons récolté des plantes.

| | PLUIE en m/m | TEMPÉRATURE moyenne annuelle | Composition chimique du sol °/oo grammes de terre totale. | | | | | Nature physique du terrain |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1916 — 1917 | 1916 — 1917 | Ax | $P^2O^5$ | $K^2O$ | CaO | NgO | |
| **Marrakech** altitude 440 m. | 280,7 — 367,9 | année 1915 : moyenne des maxima : Août 45° — Janvier 20°5 moyenne des minima : Août 16° — Décembre 1° | 1,95<br>0,94 | 1,78<br>1,29 | 4,13<br>2,61 | 14,30<br>27,80 | 9,54<br>15,9 | Cailloux porphyriques nombreux<br>Terre légèrement argileuse |
| **Casablanca** | 400,6 — 396,9 | 17° 2 — 17° 2 moyenne des maxima : Juillet 27° 5 — Décembre 16° 5 moyenne des minima : Juillet 18° 3 — Décembre 7° 3 | 0,76<br>1,2 | 0,51<br>0,7 | 2,40<br>2,8 | 3,54<br>2 9 | 1,76<br>2,1 | Terre légère profonde ; sous-sol roche calcaire. |
| **Mamora** (Drib, alt. 65 m.) Sidi Ali 29 m. | 499,6 — 515,1 | | 0,14 | 0,29 | 1,80 | 0,98 | 0,14 | Sable 99 °/. sol remarquablement pauvre. |
| **Meknès** (alt. 495 m.) | 601,9 — 569,8 | année 1915 : moyenne des maxima : Août 44° 8 — Janvier 19° 5 moyenne des minima : Août 13° — Janvier 1° 9 | 0,20 | 0,13 | 1,45 | 5,81 | 1,81 | Echantillon prélevé à environ 15 km de la ville Sol sableux, de teinte jaune, sans cailloux |
| **Fez** alt. 476 m.) | 567,2 — 493,6 | année 1915 : moyenne des maxima : Aout 44° — Janvier 17° 5 moyenne des minima : Août 16° 5 Janvier + 2°5 ; Février + 1° | | | | | | |
| **Fédhala** (basé des dunes, debut d'Avril) | | 16° 8 — 16° 0 | Sable des Dunes chlore, évalué : en Cl = $0^{gr},23$ ; en NaCl = $0^{gr},38$ par kilog (1) | | | | | |
| **Mazagan** (fin décembre, sommet des dunes exposées à l'embrun) | 353,1 — 492,3 | | en Cl = $1^{gr},47$ ; en NaCl = $2^{gr},47$ par kilog (2) | | | | | |

---

(1) Flore des dunes. Quelques Graminées. Quelques Légumineuses (*Lotus creticus*). *Salsola kali*.

(2) Flore des dunes. *Euphorbia Paralias* en abondance.

Je ne saurais trop faire observer que la composition chimique des terres analysées ne doit pas être étendue à une vaste surface. On conçoit aisément quelles erreurs on commettrait en risquant des généralisations hatives. C'est ainsi que, dans la zone côtière aux environs de Casablanca, les calcaires pliocènes qui sont en discordance sur les schistes primaires, se trouvent parfois sous formes de lentilles isolées à la surface des schistes : la flore supportée par les calcaires est riche en Légumineuses. (*Lupinus hirsutus* extrêmement commun ; *Lotus arenarius* très abondant et vigoureux, etc.) les schistes en supportent très peu (1).

Lorsque la flore marocaine sera à peu près complètement connue on pourra établir la place qu'elle occupe dans l'ensemble de la flore nord-africaine et méditerranéenne. Il y a là un travail de statistique comparée dont les conclusions seront intéressantes.

Il est possible que l'on constate finalement un faciès spécial à la flore de ce pays qui présente un vaste versant atlantique, dont les côtes sont largement exposées aux brumes froides de l'Océan, en même temps qu'elles constituent un accès vers la Mauritanie et le Soudan. J'ai donc simplement recherché dans quelle proportion les plantes de la flore française sont représentées *parmi les échantillons que j'ai énumérés ci-dessous ;* voici — pour ce qu'elles valent — les conclusions auxquelles j'ai été conduit :

Les plantes de la flore de France que l'on retrouve au Maroc appartiennent toutes à la région méditerranéenne, au sud-est, au sud-ouest de notre pays, en somme aux régions méridionales, les plus chaudes : cela ne doit pas surprendre. Exception doit être faite pour quelques espèces, très communes dans la France entière comme au Maroc, telles que *Capsella Bursa-pastoris*, *Hordeum murinum*, ***Ranunculus bulbosus*, etc.**

Dans la liste que nous donnons la proportion des plantes de notre pays se trouve être de 55 pour cent (2).

---

(1) Voir « Le Maroc physique », par M. GENTIL.

Cette discordance de stratification est particulièrement visible vers le phare d'El Hank, à marée basse. La composition chimique de ces calcaires est la suivante : 1er échantillon, calc. dur : $CaO = 51,97$ °/ₒ (correspondant à 92, 8 °/ₒ de $CO^2Ca$ en supposant toute la chaux à l'état de calcaire, $MgO$ traces, éléments sableux 7, 2 °/ₒ (par différence). 2e échantillon, calc. rosé tendre, légèrement argileux : $CaO = 45,19$ °/ₒ (correspondant à 80, 7 °/ₒ de $CO^2Ca$).

(2) Voir les considérations de statistique comparée traitées par E. COSSON, avec toute l'autorité que lui donnaient ses vastes connaissances sur la Flore de l'Afrique

M. J. Pitard (1), qui a exploré la Chaouïa au point de vue botanique en 1912, fait quelques remarques fort intéressantes sur ses fructueuses recherches. La liste totale des espèces (Phanérogames et Cryptogames vasculaires) récoltées par le savant professeur de la Faculté de Médecine de Tours atteint, pour la Chaouïa, le nombre de 850 :

657 Dicotylédones
180 Monocotylédones
2 Crucifères
11 Cryptogames vasculaires

réparties en 525 genres et 96 familles ;

or, si on classe ces plantes par famille, on voit que

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| les Légumineuses sont représentées par | | 107 espèces | | |
| les Composées | — | — | 100 — | |
| les Graminées | — | — | 84 — | etc. |

et l'auteur ajoute « la Chaouïa est peut-être l'une des seules provinces de l'Afrique du Nord où les Légumineuses se montrent plus nombreuses que les Composées. » Nous renvoyons d'ailleurs le lecteur à l'ouvrage de M. Pitard, où les aperçus de Géographie botanique sont particulièrement nombreux.

Ayant eu la possibilité de suivre la marche de la végétation dans la région de Casablanca, je détache de mes notes quelques aspects de la flore depuis son début jusqu'au moment où elle cesse pratiquement d'exister. Ce sont, si l'on veut, des instantanés rapides, dépourvus de détails, pris toujours à la même station : une colline ou, plus exactement, une ondulation rocheuse, calcaire, recouverte d'une mince couche de terre, se désséchant vite après les pluies. Dès les premières averses d'automne la surface du sol se met à verdir et, en janvier, la végétation herbacée a pris entièrement possession du terrain. La teinte ocre du pays, fatigante pour les yeux, fait place à un horizon qui repose la vue, vert pâle, surmonté d'un ciel bleu clair, léger, avec quelques nuages où le soleil joue de ses rayons entre deux averses ; une brise agréable s'élève par instants, on se croirait

---

du Nord, in *Bull. Soc. bot. de France*, 14 mars 1873. L'auteur fait une comparaison fort intéressante de la flore marocaine et de la flore de la péninsule ibérique.

(1) J. Pitard. Exploration scientifique du Maroc, Mission botanique 1912. Un vol. in-4°, Masson, éditeur, 1913.

dans les campagnes de l'Ouest de la France, au printemps : l'illusion sera de bien courte durée...

Dans le courant de janvier, surtout à la fin du mois, l'espèce dominante est *Poa annua* : cette Graminée forme le fond de la végétation ; *Cynodon Dactylon* apparaît déjà en abondance. Parmi les Légumineuses, *Lathyrus Ochrus*, haut de 10 à 20 centimètres n'est pas encore en fleur, pas plus que *Lupinus hirsutus* dont les feuilles étoilées apparaissent fréquentes en certains points ; *Scorpiurus sulcata* est rare et restera toujours disséminée faiblement çà et là. Comme autres plantes dicotylédones citons quelques pieds de *Salvia lanigera*, de *Beta*, etc.

Les monocotylédones sont nombreuses :

*Asphodelus microcarpus* devient envahissant lorsque la terre est plus profonde — c'est d'ailleurs assez général ; l'abondance de cette plante indiquerait un sol assez profond sans être pour cela plus fertile. *Romulea Bulbocodium* est fréquent de même qu'*Arizarum simorrhinum* ; au ras du sol, les fleurs d'*Erythrostichis punctatus*, surtout quand la terre végétale devient de coloration noirâtre et que l'humidité s'y trouve réduite par une légère pente du terrain. Il est curieux de constater que cette Colchicacée, indiquée comme plante saharienne par Battandier et Trabut (Flore de l'Algérie) se rencontre abondamment sur le littoral atlantique. Brives, de Segonzac ne la citent pas dans leur catalogue d'herbier, de Gironcourt, qui a effectué ses récoltes dans la région Tanger-Fez, non plus. Cependant le pharmacien-major Moreau l'a déjà signalée, il y a quelques années, dans les environs de Casablanca (1).

Au début de mars :

Les Légumineuses sont lentes à se développer.

Parmi les Graminées, la seule qui tienne une place importante est *Cynodon Dactylon* ; *Poa annua* est à son déclin ; les autres Graminées n'existent pour ainsi dire pas, sauf, cependant, une espèce voisine de *Poa annua*, *Poa dimorphantha*, localisé çà et là.

On remarque : *Senecio vulgaris* ; quelques Renoncules ; *Calendula algeriensis* fréquent ; *Solanum sodomæum* pas encore en fleurs, çà et là ; *Thapsia garganica* ; *Ferula* sp ; de nombreux *Erodium* ; quelques

---

(1) *Archives de médecine et de pharmacie militaires*, t. 62, p. 625.

Crucifères ; quelques Euphorbes ; les Asphodèles commencent à fructifier.

*Iris Sisyrynchium* apparaît en fleur, *Iris alata* également, mais plus rare — *Scilla mauritanica*, *Dipcadi fulvum*, *D. serotinum*, *Mandragora autumnalis* (feuilles).

*Celsia Balli* ne montre que ses feuilles ou commence à peine à fleurir ; on trouve encore *Asparagus aphyllus*, *A. albus*.

Au début d'avril l'aspect change d'une manière très notable. *Poa annua* a disparu devant *Cynodon Dactylon* qui devient envahissant.

*Paronychia argentea* est fréquent ; ses tiges traînent au milieu de celles de *Cynodon Dactylon* — *Bromus mollis* fréquent.

Les Légumineuses sont plus ou moins rabougries ; en cette station, il est vrai, les Légumineuses ne trouvent pas en général un sol assez profond pour prospérer vigoureusement ; non loin de là on trouve au contraire, à profusion, *Lobes arenarius*, *Ononis biflora*, *Astragalus hamosus*, *Astragalus bæticus*, *Vicia*, *Trifolium*, *Hedysarum*, etc. etc.

Par contre les plantes qui caractérisent la flore estivale font leur apparition ; les Evax, les Filago sont disséminés partout.

Les Asphodèles fructifient — *Heliotropium europæum* fleurit.

Les Euphorbes sont abondantes (*E. helioscopia* principalement) — *Statice sinuata* — des Malvacées. En résumé, la végétation ici touche à sa fin — mais il est indispensable de faire ressortir les différences d'aspect fondamentables que peut présenter la végétation suivant que la terre est plus ou moins profonde, plus ou moins accessible aux infiltrations d'un oued ou située au bas d'une pente où suinte l'humidité.

En avril et au début de mai la végétation spontanée présente, dans les terres les meilleures et les mieux situées, une véritable exubérance (abondance de Graminées, Légumineuses, Composées : *Anacyclus radiatus*, *Chrysanthemum coronarium*...) ; elle se montre, au contraire, lorsque la terre est peu profonde et sèche, d'une extrême pauvreté numérique en ces mêmes espèces qui constituent la base de la végétation des terres profondes ; de plus, elles ont accompli leur cycle végétatif, fructifié, et elles laissent le champ libre aux plantes telles que : *Filago*, *Evax*, *Carlina sulfurea* etc. moins sensibles à la chaleur et à la sécheresse.

Au point de vue pratique cette remarque est d'importance essentielle. En l'absence d'eau d'irrigation de bonne qualité (peu chargée en chlorures de sodium et magnésium) le manque de précipitations atmosphériques pendant de longs mois d'été fera que l'agriculture, l'élevage seront ou non avantageux — possibles même — suivant la plus ou moins grande profondeur du sol. Alors que dans notre « douce France » la végétation présente selon les terrains de simples nuances que les botanistes sont presque seuls à saisir, ici, avec la température élevée, la lumière violente où vibrent avec intensité les radiations ultra-violettes les différences apparaissent, brutales, aux yeux les moins prévenus. Cependant, en dépit de tout ce qui a pu être dit sur la colonisation, on a le devoir d'affirmer que hors de France, comme en France, « la terre est comme un bon instrument de musique qui n'obéit qu'à des doigts exercés : tant vaut l'homme, tant vaut la terre (1) ». Pour bien coloniser, bien cultiver, il faut connaître les plantes et on ne fera jamais trop pour la diffusion des connaissances botaniques.

## *Dicotylédones dialypétales*

Renonculacées.

| | |
|---|---|
| ***Ranunculus flabellatus*** Desf. | Chaouïa, C. |
| — *bullatus* L. | Chaouïa, C. |
| — *macrophyllus* Desf. | Fez. |
| * — *bulbosus* L. | Fez. |
| * — *aquatilis* L. | Chaouïa (extr. abondant). |
| * ***Delphinium peregrinum*** D. C. | Chaouïa, T. C., Fez. |
| — *orientale* L. | Fez. |
| ***Adonis microcarpa*** D. C. | Fez, Chaouïa (peu C.). |
| * ***Nigella hispanica*** L. | Fez. |

Crucifères.

| | |
|---|---|
| * ***Raphanus Raphanistrum*** L. | Chaouïa, C., Fez. |
| ***Diplotaxis siifolia*** Kunze. | Aïn-Djemaa, Chaouïa. |
| * ***Diplotaxis tenuisiliqua*** Del. | Chaouïa. |

---

(1) Flour de Saint-Genis. La propriété rurale.

désigne les plantes appartenant à la flore française.

| | |
|---|---|
| * *Thlaspi perfoliatum* L. | Chaouïa. |
| * *Capsella Bursa-pastoris* Mœnch. | Chaouïa, T. C. |
| *Alyssum granatense* Boiss. | Chaouïa. |
| *Koniga lybica* Viv. | Chaouïa, C., Kenitra (1). |
| — *maritima* Rob. B. ? | |
| *Malcomia Broussonetti.* | Chaouïa. |
| *Matthiola littorea* | Chaouïa. |
| *Biscutella lyrata* L. | Mamora, A. C. |
| * — *cichoriifolia.* | Fez. |
| * *Æthionema saxatile* | Fez. |
| *Sinapis.* | Chaouïa. |
| *Rapistrum Linnæanum* B. R. | Fez. |

### Cistinées.

| | |
|---|---|
| * *Helianthemum salicifolium* Pers. | Cahouïa. |
| — *ægyptiacum* Mill. | Fez. |
| *Helianthemum intermedium* Thib. ? | Chaouïa. |
| * *Cistus monspeliensis* L. | Chaouïa. |

### Résédacées.

| | |
|---|---|
| *Reseda luteola* L., var. *Gussonei.* | Fez. |
| — *propinqua* R. Br. ? | Chaouïa. |
| * — *alba* L. ? | Chaouïa. |

### Papavéracées.

| | |
|---|---|
| * *Papaver Rhæas* L. var. | Chaouïa, T. C. |
| * — *hybridum* L. | Chaouïa, T. C. |
| * — *dubium* L. | Chaouïa. |
| * *Glaucium corniculatum* Curt. | Chaouïa, littoral, T. C. |

### Fumariacées.

| | |
|---|---|
| * *Fumaria parviflora* Lam. | Fez. |
| * — *agraria* Lag. | Chaouïa, T. C. |

### Frankéniacées.

| | |
|---|---|
| * *Frankenia lævis* L. | Chaouïa, littoral Fedhala, A. C. |
| — *pulverulenta* L. | Chaouïa, A. C. |

---

(1) *Legit* : A. Leroy, Ingénieur agronome, chargé de mission.

| | |
|---|---|
| Géraniacées. | |
| * *Erodium moschatum* L'Hér. | Fez. |
| — *Salzmani* Del ? | Chaouïa. |
| * — *cicutarium* L'Hér ? | Chaouïa, T. C. |
| Linacées. | |
| * *Linum usitatissimum* L. | Chaouïa, T. C. |
| — *strictum* L., var. | Chaouïa, Fez. |
| — *asperifolium* B. R. | Fez. |
| — *tenue* Desf. | Fez. |
| Oxalidées. | |
| *Oxalis cernua* Th. | Chaouïa, T. C. |
| Rutacées. | |
| * *Ruta montana* L. | Fez. |
| Zygophyllées. | |
| * *Tribulus terrestris* L. | Chaouïa. |
| *Peganum Harmala* L. | Chaouïa, R., littoral (1). |
| Portulacées. | |
| * *Portulaca oleracea* L. | Chaouïa, C., endroits frais. |
| Hypéricinées. | |
| * *Hypericum tomentosum* L. | Chaouïa, C. près des ruisseaux, Fez. |
| Paronychiées. | |
| * *Paronychia argentea* Lam. | Chaouïa, T. C., Fez, T. C. |
| * — *nivea* D. C. | Fez. |
| — *arabica* ? | Chaouïa. |
| * *Polycarpon tetraphyllum* L. | Chaouïa. |
| * *Corrigiola littoralis* L. | Chaouïa. |
| * *Herniaria cinerea* D. C. | Chaouïa, C. |
| * — *hirsuta* L. | Chaouïa, C. |

---

(1) Signalée comme plante des Hauts-plateaux et du Sahara en Algérie.

Caryophyllées.

| | |
|---|---|
| * *Silene inflata* L. | Châouïa, T. C. |
| * — *gallica* L. | Chaouïa. |
| * — *muscipula* L. | Chaouïa, T. C. |
| * — *conica* L. | Fez. |
| — *imbricata* Desf. | Fez. |
| — *apetala* L., var. | Fez. |
| *Velezia rigida* L. | Fez. |
| * *Gypsophila vaccaria* Sibth. | Chaouïa, Fez. |
| * *Cerastium glomeratum* Thuill. | Fez. |
| * *Spergula arvensis* L. | Chaouïa, C. |
| * *Spergularia rubra* Pers. | Fez. |
| — *fimbriata*. | Chaouïa, C. |
| — *marina* Pers. (?) | Chaouïa. |

Térébinthacées.

| | |
|---|---|
| * *Pistacia Lentiscus* L | Chaouïa, T. C. |
| *Rhus pentaphylla* Desf. | Chaouïa. |

Rhamnées.

| | |
|---|---|
| *Zizyphus Lotus* L. | Marrakech, T. C. |

Granatées.

| | |
|---|---|
| * *Punica Granatum* L. | Chaouïa, T. C. |

Lythariées.

| | |
|---|---|
| * *Lythrum Græfferi* Ten. | Chaouïa, T. C. au bord des ruisseaux, Fez. |
| *Lawsonia alba* Lam. | Chaouïa, cult.. |

Tamariscinées.

| | |
|---|---|
| *Tamarix*. | Chaouïa, littoral. |

Crassulacées.

| | |
|---|---|
| *Sedum cæruleum* Vahl. | Meknès (1) |
| * — *cæspitosum* D. C. | Meknès (2) |

(1) et (2) R. Benoist, *legit*.

| | |
|---|---|
| *Pistorinia Salzmani* Boiss. | Chaouïa, R. |
| * *Umbilicus pendulinus* D. C. | Chaouïa, AR. |
| *Mucizonia hispida* D. C. | Fez. |

### Cucurbitacées.

| | |
|---|---|
| *Citrullus Colocynthis* Sehr. | Chaouïa, C. |

### Cactées.

| | |
|---|---|
| *Opuntia Ficus-indica* Haw. | Chaouïa, Fez, Marrakech, etc. T. C. partout. |

### Ombellifères.

| | |
|---|---|
| *Eryngium triquetum* Desf. | Fez. |
| — *ilicifolium* Desf. | Fez. |
| — *tricuspidatum* Desf. | Fez. |
| * *Scandix Pecten-Veneris* L. | Fez, Chaouïa, T. C. |
| *Bunium mauritanicum* B. R. (1). | Chaouïa, T. C. |
| * *Ammi majus* L. | Chaouia, Fez. |
| *Apium nodiflorum* Reich. | Chaouïa. |
| *Ridolfia segetum* Moris. | Fez. |
| * *Smyrnium Olusatrum* L. | Chaouïa, T. C. |
| * *Helosciadium nodiflorum* Koch. | Chaouïa. |
| *Bupleurum heterophyllum* Link. | Chaouïa, T. C. dans les terres cultivées. |
| — *protractum* L. | Fez. |
| *Fœniculum vulgare* L. | Chaouïa, T, C. |
| *Ferula.* | Chaouïa, T. C. |
| *Thapsia garganica* L. | Chaouïa, Fez. |
| * *Torilis nodosa* Gaertner. | Fez. |
| *Orlaya maritima* Hoffm. | Chaouïa, littoral. |
| * *Daucus Carota* L. | Chaouïa, T. C. |
| * d° *maximus* Desf. | Chaouïa, C. |
| * *Coriandrum sativum* L. | Chaouïa. |
| *Bifora testiculata* D. C. | Chaouïa, C. |

### Araliacées.

| | |
|---|---|
| * *Hedera Helix* L. | Chaouïa, C. |

---

(1) Cette plante possède un bulbe dont les porcs sont très friands.

| | |
|---|---|
| Myrtacées. | |
| * *Myrtus communis* L. | Fez. |
| Onagrariées. | |
| * *Epilobium hirsutum* L. | Fez. |
| Rosacées. | |
| *Rubus discolor* Weihe. | Chaouïa. |
| * *Potentilla reptans* L. | Fez. |
| * *Poterium Sanguisorba* Bonn. et Bar. | Fez. |
| *Pirus longipes* Coss. | Mamora. |
| * *Agrimonia Eupatoria* L. | Fez. |
| Légumineuses. | |
| * *Lupinus angustifolium* L. | Mamora. |
| * — *hirsutus* L. (1). | Chaouïa, T. C. |
| *Ononis biflora* Desf. | Chaouïa, C. |
| — *pendula* Desf. | Cl. |
| * — *viscosa* L. | Fez. |
| — *hirta* Desf. | Fez. |
| * — *natrix* L. | Fez. |
| — *monophylla* Desf. | Fez. |
| — *alopecuroides* L. | Fez. |
| — *antennata* Pomel. | Fez. |
| — *initissima* L. | Fez. |
| * *Trigonella Fœnum-græcum* L. | Chaouïa, cult.. |
| * *Melilotus parviflora* Desf. | Chaouïa, C. |
| * — *sulcata* Desf. | Fez. |
| * *Medicago turbinata* Willd. | Fez. |
| * — *lappacea* Lam. | Fez. |
| * — *marina* L. | Chaouïa, C. |
| * — *orbicularis* All. | Chaouïa, R. |
| — *sp.* ? | Chaouïa. |
| * *Trifolium angustifolium* L. | Chaouïa, T. C. dans les terres sèches, Fez. |

---

(1) Ce Lupin, très abondant, présente un héliotropisme très marqué, visible d'une manière frappante surtout le soir vers cinq heures.

| | |
|---|---|
| * _Trifolium resupinatum_ L. | Chaouïa, C., Fez. |
| * — _arvense_ L. | Chaouïa, C. |
| * — _fragiferum_ L. | Chaouïa, C. |
| — _Jaminianum_ Boissier. | Chaouïa, C., Fez. |
| * — _scabrum_ L. | Chaouïa. |
| * — _Cherleri_ L. | Chaouïa. |
| * — _spumosum_ L. | Chaouïa, T. C. |
| * — _agrarium_ L. | Chaouïa, T. C. |
| * — _tomentosum_ L. | Chaouïa, T. C. |
| * — _stellatum_ L. | Fez. |
| * — _maritimum_ L. | Fez. |
| * — _glomeratum_ L. | Fez. |
| * — _campestre_ Sch. | Fez. |
| * _Bonjeania recta_ Reich. | Fez. |
| * _Tetragonolobus siliquosus_ Roth. | Chaouïa, Fez. |
| * — _purpureus_ Mœnch. | Chaouïa, T. C., Ain-Djemaà T. C. Fez, T. C. |
| _Lotus arenarius._ | Chaouïa, T. C. |
| * — _major_ Sm. | Fez. |
| * — _angustissimus._ | Fez. |
| * — _creticus_ L. | Fédhala, littoral, C. |
| _Anthyllis Vulneraria_ L., var. | Azrou (1). |
| * — _tetraphylla_ L. | Fez, Azrou (1). |
| _Astragalus tenuiflorus ?_ | Azrou |
| * — _hamosus_ L. | Chaouïa, T. C., Fedhala, T. C. |
| * — _bæticus_ L. | Chaouïa, T. C., Fedhala, T. C. |
| * — _Hypoglottis_ L. | Chaouïa. |
| * _Bisserrula Pelecinus_ L. | Chaouïa, T. R. |
| * _Vicia lutea_ L. | Fez, Chaouïa, T. C. |
| — _hirta_ Balbis. | Fez. |
| * — _Faba_ L. | Cult. partout. |
| * — _sativa_ L. | Chaouïa, T. C. |
| * _Lathyrus Ochrus_ L. | Chaouïa, T. C. |
| * — _cicera_ L. | Fez. |
| * — _aphaca_ L. | Fez. |
| * _Scorpiurus sulcata_ L. | Chaouïa, T. C. |

(1) Capitaine Perrot, _legit._

| | |
|---|---|
| * *Scorpiurus subvillosa* L. | Fez. |
| * *Ornithopus compressus L.* | Chaouïa, R. |
| *Hippocrepis multisiliquosa* L. | Fez, Chaouïa. |
| * — *ciliata* Willd. | Meknès (1). |
| * *Hedysarum capitatum* Desf. | Fez. |
| *Ebenus pinnata* L. | Fez. |
| *Acacia Farnesiana* Willd. | Marrakech, Aguedal, C. |
| — *eburnea.* | Chaouïa, T. C. |

## *Dicotylédones gamopétales*

Caprifoliacées.

| | |
|---|---|
| * *Lonicera etrusca* Santi. | Fez. |

Rubiacées.

| | |
|---|---|
| *Asperula hirta* Ram. | Fez. |
| * *Sherardia arvensis* L. | Chaouïa, T. C. |
| * *Galium saccharatum* All. | Chaouïa, T. C. |
| * — *murale* L. | Chaouïa. |
| * — *lucidum* All. | Fez. |
| *Crucianella* sp. | Chaouïa, C. |

Valérianées.

| | |
|---|---|
| *Fedia Caput-bovis* Pomel. | Chaouïa, T. C. |
| * — *cornucopiæ* L. | Chaouïa, T. C. |
| *Valerianella discoidea* Lois ? | Chaouïa, T. C. |

Dipsacées.

| | |
|---|---|
| * *Scabiosa stellata* L. | Fez. |
| * — *maritima.* | Fez. |

Composées.

| | |
|---|---|
| * *Bellis silvestris* Cyr. | Meknès, T. C., Chaouïa, T. C. |
| * — *annua* L. var. | Chaouïa, A. C. |
| *Conyza ambigua* D. C. | Chaouïa |
| * *Inula hirta* L. | Fez. |

---

(1) Capitaine PERROT, *legit.*

| | |
|---|---|
| *Anvillea radiata* Coss D. L. | Fez. |
| *Buphtalmum spinosum.* | Chaouïa. |
| *Evax* sp. | Chaouïa, T, C. |
| *Filago spathulata* Presl. | Chaouïa, T. C. |
| * *Micropus erectus* L. | Fez. |
| *Clandanthus arabicus* Cassini. | Fez. |
| * *Anacyclus radiatus* Lois. | Chaouïa, T. C., Mamora T. C. |
| *Santolina incana.* | Moulouya (1). |
| *Ormenis mixta* D. C. | Chaouïa, T. C. |
| *Otospermum glabrum* Willk. | Chaouïa, Dar bel Amri. |
| *Chrysanthemum coronarium* L. | Chaouïa, T. C. |
| *Artemisia Herba-alba* Asso. | Moulouya (1). |
| * *Senecio vulgaris* L. | Chaouïa. |
| * — *crassifolius* Willd. | Chaouïa, T. C. |
| — *leucanthemifolius* Poiret var. | Chaouïa, T. C. |
| *Calendula algeriensis* Boissier Reut. | Chaouïa, Fez, T. C. |
| * — *arvensis* L. | Fez. |
| *Carlina sulfurea* Desf. | Chaouïa, T. C. |
| — *sulfurea* Desf. var. *lutea*. | Chaouïa, T. C. |
| *Atractylis gummifera* L. | Chaouïa, T. C. |
| * — *cancellata* L. | Fez. |
| * *Centaurea pullata* L. | Chaouïa. |
| — *eriophora* L. | Fez, Chaouïa. |
| — *maroccana* Ball. | Fez. |
| * — *Calcitrapa* L. | Fez. |
| — *algeriensis* Coss. ? | Chaouïa. |
| * *Microlonchus salmanticus* D. C. | Fez, Chaouïa, R. |
| *Amberboa Lippii* D. C. (2) | |
| — *muricata* D. C. | Chaouïa. |
| — *atlantica* D. C. (2). | |
| *Carthamus cæruleus* L. | Fez. |
| *Cynara humilis* L. | Chaouïa, C. |
| * — *Scolymus* L. | Chaouïa, cult.. |
| *Onopordon arenarium* Pomel. | Chaouïa. |
| * *Carduus tenuiflorus* Curt. | Chaouïa. |

(1) R. Benoist, *legit.*

(2) L. Ducellier, *legit.*

| | |
|---|---|
| * *Carduus pycnocephalus* L. | Chaouïa, T. C. |
| * *Scolymus hispanicus* L. | Chaouïa, T. C. |
| *Cichorium Intybus* L. var. *pumilum* Jacq. | Chaouïa, Fez. |
| * *Tolpis barbata* Gærtn. | Chaouïa. |
| * *Hypochæris glabra* L. ? | Chaouïa. |
| * *Thrincia hispida* Roth. | Chaouïa, C. |
| *Kalfbussia Mulleri* Sch, | Chaouïa, T. C. |
| *Spitzelia cupuligera* D. R. | Chaouïa. |
| * *Urospermum Dalechampii* Desf. | Fez. |
| * — *picrioides* Desf. | Chaouïa. |
| * *Geropogon glabrum* L. | Fez. |
| * *Sonchus asper* L. | Chaouïa, T. C. |
| * — *tenerrimus* L. | Chaouïa, T. C. |
| *Picridium tingitanum* Desf. | Fez. |
| *Andryala integrifolia* L. | Chaouïa. |
| — *laxiflora* D. C., var. *floccosa.* Pomel. | Fez. |

### Ambrosiacées.

| | |
|---|---|
| *Xanthium antiquorum* Wallr. | Chaouïa, A. C. |

### Campanulacées.

| | |
|---|---|
| *Jasione corymbosa* Poiret. | Chaouïa, Fez. |
| *Campanula Lœflingii.* | Chaouïa, C. |
| * — *Rapunculus* L. | Fez. |
| — *dichotoma* Desf. | Fez. |
| * — *Erinus* L. | Chaouïa, R. |

### Oléacées.

| | |
|---|---|
| * *Olea europæa* L. | existe partout. |

### Gentianées.

| | |
|---|---|
| *Erythræa ramosissima* Pers. | Chaouïa, A. C. |
| * — *Centaurium* Pers. | Fez. |
| * — *spicata* L. | Fez. |

### Convolvulacées.

| | |
|---|---|
| * *Convolvulus arvensis* L. | Chaouïa, T. C. |

| | |
|---|---|
| * *Convolvulus althæoides* L. | d°, T. C., Fez. |
| * — *tricolor* L. | d°, T. C. |
| — *Gharbiensis* Pittard. | d°, A. C., Fez. |
| *Ipomæa Batatas?* | d° |
| *Cuscuta.* | d° |

Borraginées.

| | |
|---|---|
| * *Anchusa italica* Retz. | Chaouïa, Fez. |
| *Nonnea micrantha* Boiss. Rent. | Chaouïa, T. C. |
| — *nigricans* Desf. | Guisser (1). |
| * *Echium creticum.* | Fez. |
| — *pomponium* Boiss. | Fez. |
| — *confusum* de Coincy. | Chaouïa. |
| *Cynoglossum clandestinum* Desf. | Chaouïa, A. C. |
| * — *pictum* Aiton. | Fez. |
| *Cerinthe oranensis* Batt. | Chaouïa, C. |
| — *major* L. | Fez. |
| * *Heliotropum europæum* L. | Chaouïa, T. C., Fez |

Solanées.

| | |
|---|---|
| *Triguera ambrosiaca* Cav. | Ain Nekbrala C., Fez. |
| * *Solanum nigrum* L. | Chaouïa, T. C. |
| — *sodomæum* L. | d° T. C., endroits secs, décombres. |
| *Mandragora autumnalis* Spr. | Chaouïa, C. |
| * *Hyoscyanus albus* L. | Chaouïa, A. C, |
| * — *albus* L. var. *major.* | Fez. |
| * *Nicotiana glauca* Graham. | Chaouïa, T. C. |
| *Withania frutescens* Panq. | Chaouïa, C., Fez. |
| * *Datura Stramonium* L. | Chaouïa, C. |

Verbascées.

| | |
|---|---|
| * *Verbascum sinuatum* L. | Chaouïa, T. C., Fez. |
| *Celsia Ballii* Batt (2). | Chaouïa, T. C. |

Scrofulariacées.

| | |
|---|---|
| *Scrofularia arguta* Solander. | Aïn Kausara, près Fez (3). |

---

(1) A. Leroy, *legit.*

(2) Les feuilles de cette plante sont consommées par les bovins.

(3) L. Ducellier, *legit.*

| | |
|---|---|
| *Scrofularia auriculata* L. | Chaouïa, A. C. près des ruisseaux. |
| * — *canina* L. | Fez. |
| — *lævigata* Vahl. | Fez. |
| *Antirrhinum calycinum* Lam. | Chaouïa, C. |
| * *Linaria græca* Chav. | Chaouïa, C. |
| — *heterophylla* Desf. | d°. C. |
| — *bipartita* Willd. | d°, T. C., Rabat, T. C. |
| — *reflexa* Desf. | d°, C. |
| — *elegans* Mumby. | d°, T. C. |
| — *latifolia* Desf. | Fez. |
| — *Mumbyana* Boiss. Reut. | Fez. |
| *Trixago apula* Stev. | Fez. |
| *Veronica anagalloides* Gussone. | Fez. |
| *Bartsia viscosa.* | Fez. |
| * *Eufragia viscosa* Benth. | Chaouïa, C. |

### Orobanchées.

| | |
|---|---|
| *Orobanche.* | Chaouïa, R. |

### Labiées.

| | |
|---|---|
| *Lavandula multifida* L. | Chaouïa, T. C., Fez T. C., Marrakech, T. C. |
| * *Mentha Pulegium* L. | Chaouïa, C., Fez. |
| * — *rotundifolia* L. | Fez, |
| *Salvia lanigera* Poiret (1). | Chaouïa, T. C. |
| *Thymus ciliatus* Desf. | Fez. |
| *Marrubium vulgare* L. var. *Lanatum*. | Chaouïa, T. C. |
| * *Ajuga Iva* L. | Chaouïa, C. |
| — *pseudo-Iva* Rob. et Cast ? | Chaouïa, C. |
| *Stachys arenaria* Vahl. | Chaouïa, A. C. |
| * — *arvensis* L. | Chaouïa, C. |

### Verbénacées.

| | |
|---|---|
| * *Verbena officinalis* L. | Chaouïa, C. |

---

(1) Cette plante, très sensible à l'action des rayons solaires, présente cependant un héliotropisme beaucoup moins accentué que *Lupinus hirsutus*, signalé plus haut. D'ailleurs les plantes fortement héliotropiques sont nombreuses et je ne les ai pas notées spécialement.

Primulacées.

| | |
|---|---|
| * *Anagallis arvensis* L. | Chaouïa, Fez. |
| — *linifolia* L. | Chaouïa, A. C. |
| * *Samolus Valerandi* L. | d°, C. près des ruisseaux. |

Plombaginées.

| | |
|---|---|
| * ***Plumbago europæa*** L. | Chaouïa, C. |
| * *Statice sinuata* L. | Chaouïa, T. C.. |
| — *Thouini* Viv. | Fez |
| — *mucronata.* | Fedhala. |
| *Armeria mauritanica* Walhr. | Chaouïa, C. |

Plantaginées.

| | |
|---|---|
| * *Plantago Coronopus* L. | Chaouïa, T. C., Fez. |
| * — *Lagopus* L. | Chaouïa, C., Fez. |
| * — *Psyllium* L. (1) | Chaouïa, T. C. |
| * — *major* L. | d°, C. |
| * — *crassifolia* Forsk. | Fedhala, C. |

## *Dicotylédones apétales*

Salsolacées.

| | |
|---|---|
| * ***Salsola kali*** L. | Chaouïa, T. C. |
| * ***Blitum virgatum*** L. | Chaouïa, T. C. |
| * ***Beta vulgaris*** L. var. (2) | Chaouïa, A. C. |
| * ***Chenopodium urbicum*** L. | d°, T. C. |
| * — *olidum* Curt. | d°, T. C. |
| * — *ambrosioïdes* L. | d°, T. C. dans les terrains vagues. |
| * — *opulifolium* L. | d°, A. C., endroits secs. |

Amarantacées.

| | |
|---|---|
| * *Amarantus albus* L. | Chaouïa, A. C. |
| * — *retroflexus* L. ? | d°. |

---

(1) Cette plante aurait été introduite récemment dans l'Australie méridionale où elle est considérée comme une mauvaise herbe dont se plaint OSBORN, in *The Journal of the Departement of Agriculture of South Australia*, 1916, vol. XX, n° 5, Adélaïde.

(2) Variété à feuilles légèrement velues.

### Polygonées.

| | |
|---|---|
| *Rumex spinosus* Campdera (1). | Chaouïa, T. C. |
| * *Rumex bucephalophorus* L. | d°, T. C. Mamora (sables), El Boroudy. |
| — *thyrsoides* Desf. | Fez. |
| * *Polygonum Bellardi* Allioni. | Fez. |

### Thyméléacées.

| | |
|---|---|
| *Thymelea lythroides.* | Mamora. |
| * *Daphne Gnidium* L. | Chaouïa, A. C., Fez. |

### Aristolochiées.

| | |
|---|---|
| *Aristolochia longa* L., var. | Mamora, R., Fez (sables). |

### Euphorbiacées.

| | |
|---|---|
| * *Euphorbia Chamæsyce* L. | Chaouïa, T. C. |
| * — *pubescens* Desf. | Chaouïa, T. C., Fez. |
| * — *Paralias* L. | d°, T. C. sur les dunes. |
| — *Peplis* L. | Fez. |
| * — *Helioscopia* L. | Chaouïa, T. C., Fez. |
| — *Peplus* L. var. | Chaouïa, C. |
| * *Mercurialis annua* L. | Fez. |
| * — *annua* L. var. *ambigua* L. | Chaouïa, T. C. |
| *Ricinus communis* L. | répandu partout. |

### Cératophyllées.

| | |
|---|---|
| * *Ceratophyllum demersum* L. | Chaouïa, T. C. |

### Urticacées.

| | |
|---|---|
| * *Urtica urens* L. | Chaouïa, T. C. |
| * *Parietaria officinalis* D. C. | d°, T. C. |

### Morées.

| | |
|---|---|
| *Morus.* | Fez, cult. |
| * *Ficus carica* L. | existe partout. |

---

(1) Cette plante abondante sur les talus est consommée par les ânes qui semblent la rechercher.

| | |
|---|---|
| Cupulifères. | |
| * *Quercus Suber* L. | Mamora, camp Boulhaut. |
| Juglandacées. | |
| *Juglans.* | Atlas, région sud de Marrakech. |
| Cannabinées. | |
| *Cannabis sativa* L. var. | Cultivé. |

## *Monocotylédones*

| | |
|---|---|
| Alismacées. | |
| * *Alisma ranunculoides* L. | Fez. |
| Potamées. | |
| *Potamogeton.* | Chaouïa. |
| Naiadées. | |
| * *Zannichellia palustris* L. | Chaouïa, A. C. |
| Lemnacées. | |
| * *Lemna arhiza* L. | Chaouïa, C. |
| * — *gibba* L. | d°, C. |
| Aroïdées. | |
| *Arisarum simorrhinum* Durieu. | Chaouïa, T. C., Fez.<br>Mazagan, T. C. |
| Typhacées. | |
| * *Typha angustifolia* L. | Fez. |
| Palmiers. | |
| *Chamærops humilis* L. | répandu partout. |
| *Phœnix dactylifera* L. (1) | Marrakech. |

---

(1) Est cultivé en Palmeraie jusqu'à l'altitude de 1100 m. La palmeraie d'El Goran, à 1130 m. est la dernière station où il mûrit ses fruits (Maroc oriental, Région de Bou Demb). Observation de M. G. Arnaud, rapportée par M. J. Arbost, in *Le Monde des Plantes*, janvier 1918.

Orchidées.

| | |
|---|---|
| * *Orchis palustris* Jacq. | Fez. |
| — *lactea* Pois. | Ain-Djemax, R. |
| * *Ophrys lutea.* | Ain-Djemaa, R. |

Iridées.

| | |
|---|---|
| * *Romulea Bulbocodium* Sob. et Maur. | Chaouïa, T. C |
| *Iris alata* Poiret. | d°, T. C. |
| — *Sisyrinchium* L. | d°, T. C. |
| — *tingitana.* | d°, A. C. |
| * *Gladiolus segetum* L. | Fez. |
| *Crocus serosinus.* | Chaouïa, A. C. |

Amaryllidées (1).

| | |
|---|---|
| *Agave americana* L. | existe partout, cult. |
| *Leucoium autumnale* L. | Fez. |
| — *trichophyllum.* | Chaouïa. |
| *Leucoium* sp. | Mamora. |
| *Narcissus serotinus* L. | Fez, Chaouïa, C. |
| — *pachybolbus* Coss. | Tanger, C. |
| * — *Tazetta* L. | Marrakech, T. C. |
| — *papyraceus.* | Chaouïa, T. C. |
| *Aurelia Broussonetii* Gley. | Chaouïa, A. C. |

Liliacées (1).

| | |
|---|---|
| * *Asphodelus microcarpus* Viv. (2). | existe partout. |
| *Allium vernale* Tinco. | Chaouïa, C. |
| * *Muscari comosum* Miller. | Chaouïa C., Fez. |
| *Bellevalia mauritanica* Pomel. | Ain-Djemaa, C., Ain-Nekhrala, C. |
| *Dipcadi serotinum* Med. | Chaouïa, C. |
| — *fulvum.* | d°, C. |
| * *Scilla autumnalis* L. | d°, T. C. |
| — *mauritanica.* | d°, T. C. |

---

(1) Les plantes herbacées des familles des Amaryllidées et Liliacées sont délaissées avec soin par les bovins au pâturage, c'est du moins ce que j'ai constamment observé.

(2) Une variété à hampe florale plus grêle existe d'une façon presque constante dans les peuplements d'*A. microcarpus*, en Chaouïa.

| | |
|---|---|
| *Urginea maritima* Baker. | Chaouïa, C. |
| — *undulata* Steinh. | d°, T. C. |
| — *fugax* Steinh. | Saffi (1). |
| * *Ornithogallum umbellatum* L. | Fez, Chaouïa C., Darb el Amri C. |
| * — *narbonense* L. | Fez, Chaouïa C., Mamora, C. |

Asparaginées.

| | |
|---|---|
| *Asparagus albus* L. | Chaouïa T. C., Rabat, T. C. |
| — *horridus* L. | Chaouïa, C. |
| — *aphyllus* L. | Chaouïa, T. C. |
| — *pastorianus*. | Chaouïa, C. |
| — *fæniculaceus* ? | Chaouïa, Marais de la Nive, R. |

Colchicacées.

| | |
|---|---|
| *Erythrostictus punctatus* Schlechtendahl. | Chaouïa, T. C. |
| *Merendera filifolia* Camb. | Fez. |
| *Bulbocodium*. | Chaouïa ? |

Joncées.

| | |
|---|---|
| *Juncus acutus* L. | Chaouïa, Fez. |
| * — *bufonius* L. | Chaouïa. |
| * — *maritimus* Lam. | Fez. |
| * — *effusus* L. | Fez. |

Cypéracées.

| | |
|---|---|
| * *Cyperus longus* L. | Chaouïa, C. |
| — *rotundus* L. | d°, T. C. |
| — *Kalli* Forsk. | d°, T. C. |
| * — *distachius* All. | d°, A. C. |
| * *Scirpus Holoschænus* L. | Chaouïa, T. C., Fez. |
| * *Carex hispida* Wild. | Fez |
| * — *vulpina* L. | Fez. |
| *Eleocharis palustris* L. | Fez. |

---

(1) L. DUCELLIER, *legit*.

Graminées.

| | |
|---|---|
| * *Andropogon hirtum* L. | Fez. |
| * *Sorghum halepense* L. | Fez. |
| * *Panicum repens* L. | Fez, Chaouïa, C. |
| — *verticillatum*. | Chaouïa, C. |
| — *Crus-galli* L. var. *Colonum*. | Chaouïa, C. |
| *Paspalum distichum* L. | Chaouïa, A. C. |
| * *Phalaris brachystachys* Link. | Fez. |
| * — *Minor* Retz. | Chaouïa, T. C. |
| * *Anthoxanthum odoratum* L. | Chaouïa, C. |
| * *Crypsis aculeata* L. | Mamora, sables à Drib. |
| * *Phleum pratense* L. | Fez (1). |
| * *Alopecurus pratensis* L | Fez. |
| * *Agrostis pallida* D. C. | Mamora (1), sables humides, à Sidi-Yahia. |
| * — *verticillata* Vill. | Fez, Chaouïa. |
| * — *elegans* Thore. | Fez |
| *Polypogon monspeliense* L. | Chaouïa, C., Fez. |
| * — *maritimum Willd*. | Chaouïa, C. |
| * *Gastridium lendigerum* L. | Chaouïa A. C., Fez. |
| *Triplachne nitens* Guss. | Saffi (1), falaises. |
| * *Lagurus ovatus* L. | Chaouïa, R., Fez. |
| * *Stipa tortilis* Desf. (2). | Chaouïa, R. |
| — *tenacissima* L. | Vallée de la Moulouya (3). |
| *Orizopsis miliacea* L. | Chaouïa. |
| — *miliacea* L. var. | d°. |
| * *Holcus lanatus* L. | Fez, Mamora (1). |
| * *Molineria minuta* L. | Mamora (1), sables frais. |
| *Trisetum paniceum* Lam. | Mamora, El. Boroudy (4). |
| * *Avena sterilis* L. | Chaouïa, T. C., Fez. |
| — *barbata* Brott. | Fez. |
| * *Arrhenatherum elatius* L. | Fez. |
| * *Gaudinia fragilis* L. | Fez. |

---

(1) L. Ducellier, *legit*.

(2) Cette plante est dangereuse pour le mouton (Velu, vétérinaire aide-major de 1e classe, in *Bull. Soc. Géogr. du Maroc*, n° 2).

(3) R. Benoist, *legit*.

(4) A. Léroy, *legit*.

| | |
|---|---|
| * *Cynodon Dactylon* L. | Fez, Chaouïa, T. C. |
| * *Arundo Donax* L. | Chaouïa, T. C. |
| * *Phragmites communis* Trin. | Chaouïa marais de la Nive (1). T. C. |
| * *Dactylis glomerata* L. | Chaouïa, T. C , Fez. |
| * — *glomerata* L. var. *hispanica* Rchb. | Chaouïa, T. C. |
| * *Cynosurus elegans* Desf. | Fez. |
| * *Poa annua* L. (2) | Chaouïa, T. C. |
| — — var. | El. Boroudy (3). |
| — *dimorphanta* Murbeck. | Chaouïa, T C. |
| * *Festuca arundinacea* Schreb. | Chaouïa, Fez. |
| *Vulpia Alopecurus* Schsb. | Chaouïa, T. C. ; El. Boroudy (3). |
| — *geniculata* L. | d°, T. C. |
| * *Bromus maximus* Desf. | Chaouïa, C. |
| * — *mollis* L. | Chaouïa, T. C., Fez. |
| * — *madritensis* L. | Chaouïa, T. C., Fez. |
| * — *rubens* L. | Fez ; El. Boroudy (3). |
| * — *macrostachys* Desf. | Fez. |
| * *Brachypodium pinnatum* L. | Fez. |
| * — *sylvaticum* Huds. | Fez. |
| * *Lolium multiflorum* L. | Chaouïa, T. C. |
| — *rigidum* Gaud. | Chaouïa, T. C. |
| — *lepturoides* Boiss. | Rabat, falaises (3). |
| * *Ægilops ovata* L. | Chaouïa, R., Fez. |
| — *ventricosa* Tsch. | Fez. |
| * *Agropyrum repens* P. B. | Fez. |
| *Monerma cylindrica* W. | Fez. |
| * *Hordeum murinum* L. | Chaouïa, T. C. |
| * — *bulbosum* L. | Fez. |
| * *Lamarckia aurea* Mœnch. | Fedhala, Chaouïa ; El. Boroudy (1). |

---

(1) Les eaux de ce marais renferment 1 gr. 6 de Na Cl.

(2) Cette espèce constitue la base de la végétation des pâturages en janvier dans la région de Casablanca ; le *Cynodon Dactylon* est très abondant en février et envahira le terrain dès que les autres plantes auront fleuri ; cette espèce persistera très tard en été, les tiges couchées sur le sol, cachées pour ainsi dire dans la terre.

(3) A. Leroy, *legit*.

| | |
|---|---|
| * *Aira canescens* L (1). | Memora. |
| Gnétacées. | |
| *Ephedra* sp. | Chaouïa (Aïn-Seba, près Casablanca). |
| Filicinées. | |
| *Adiantum Capillus Veneris* L. | Chaouïa (Oued Assar), (2). |
| Characées. | |
| *Chara* sp. | Chaouïa. |

---

(1) L. Ducellier, *legit.*

(2) Albert Vasseur, *legit.*

# OBSERVATIONS VITALES
# SUR LE CHONDRIOME DES VÉGÉTAUX
# ET RECHERCHES SUR
# L'ORIGINE DES CHROMOPLASTIDES
# ET LE MODE DE FORMATION
# DES
# PIGMENTS XANTHOPHYLLIENS & CAROTINIENS

## CONTRIBUTION
## A L'ÉTUDE PHYSIOLOGIQUE DE LA CELLULE

par M. A. GUILLIERMOND

*(suite)*

---

L'ensemble de ces observations nous conduisent à admettre que les parois périplasmiques et périvacuolaires sont plutôt des parois transitoires dues, en partie, à la tension superficielle, comme l'admettent Pfeffer, Bokorny, Chodat, Boubier et Küster, que des organes différenciés et définis de la cellule comme l'ont soutenu de Vries, Went, Tswett et Boulet. Il est difficile de concevoir, avec la théorie de ces derniers auteurs, que la vacuole se divise aussi rapidement en petites vacuoles sous l'influence des solutions hypertoniques et que celles-ci se refusionnent aussi facilement sous l'action de solutions isotoniques ou hypotoniques. Ces observations démontrent en outre que les solutions hypertoniques n'ont pas d'actions très nettes sur le chondriome, dont elles contractent seulement légèrement les éléments, tant que la cellule reste vivante. Les altérations du chondriome ne surviennent qu'à la mort de la cellule et ressemblent beaucoup à celles qui se produisent sous l'influence des solutions hypotoniques; elles paraissent dues à une hydratation du cytoplasme, puis à sa coagulation.

Nous avons essayé d'isoler les chondriocontes du cytoplasme et d'observer la manière dont ils se comportent lorsqu'ils se trouvent directement en présence de solutions hypo-, iso- et hypertoniques. Il arrive en effet qu'en détachant l'épiderme d'un pétale, on provoque des lésions dans certaines cellules dont la membrane déchirée laisse échapper une partie de son contenu cytoplasmique et notamment des chondriocontes qui se trouvent alors en liberté dans le liquide de la préparation.

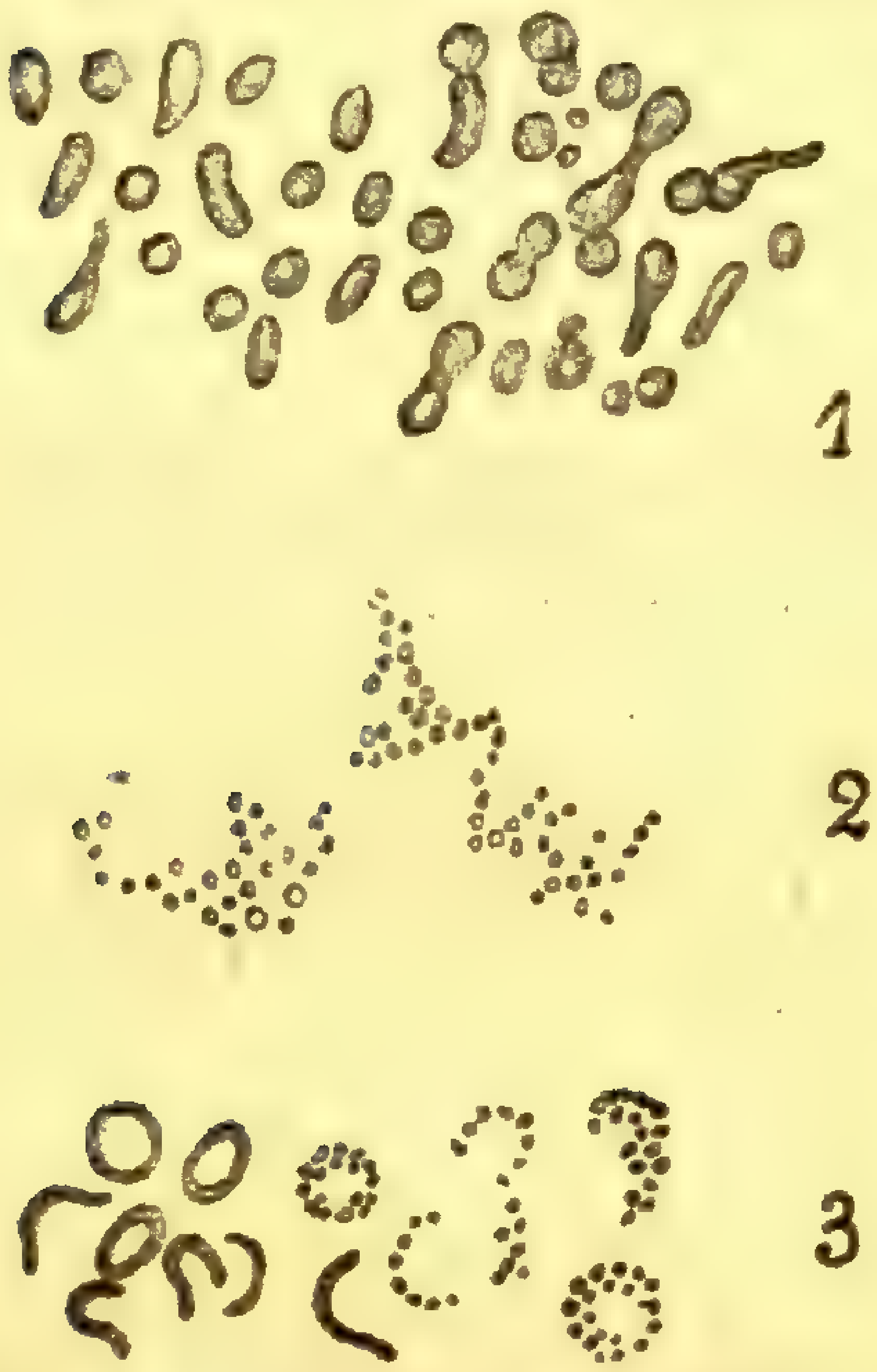


Fig. 1. — 1 et 2. Stades successifs de l'altération des chondriocontes de l'épiderme des pétales de *Tulipa suaveolens*, isolés hors de la cellule dans une solution isotonique : les chondriocontes se décomposent d'abord en petites vésicules réfringentes (1), puis celles-ci se désagrègent sous forme de granulations réfringentes (2). 3. Altération des mêmes chondriocontes isolés dans de l'eau : les chondriocontes se transforment en grosses vésicules dont la paroi éclate, puis se décompose en de nombreuses petites granulations réfringentes (grossissement 1500).

En milieu hypotonique, ces chondriocontes se gonflent et se décomposent immédiatement en une série de vésicules qui grossissent et finissent par éclater, puis leur paroi se résoud en petites granulations réfringentes qui se disséminent dans le liquide. En milieu isotonique, les chondriocontes se fragmentent assez rapidement en petits grains dont la réfringence augmente, qui se gonflent légèrement et prennent l'aspect de petites vésicules (Fig. 1). En milieu hypertonique, on observe également la transformation des chondriocontes en petites vésicules. Lorsqu'on examine un fragment d'épiderme en milieu isotonique, il est facile de reconnaître les cellules qui ont été lésées pendant le détachement de l'épiderme. Tandis que dans les cellules intactes, le chondriome s'est très bien conservé, dans les cellules où la paroi a été déchirée et dans lesquelles l'eau s'est introduite, les chondriocontes se transforment rapidement en petites vésicules. La transformation en vésicules paraît se produire toutes les fois que le chondrioconte se trouve au contact avec un liquide quel que soit sa concentration.

Il semble donc que la transformation des chondriocontes en vésicules soit le résultat du contact direct de ces éléments avec l'eau. En milieu hypotonique, le cytoplasme s'hydrate, diminue de densité et crée un milieu plus aqueux qui, sans doute, est la cause de la transformation des chondriocontes en vésicules qui, ensuite, grossissent et finissent par éclater lorsque, par suite de la désorganisation du cytoplasme, ces vésicules arrivent au contact avec le liquide de la cavité cellulaire. C'est également ce qui se produit à la fin de la plasmolyse, quand la paroi périplasmique devient perméable et que le cytoplasme s'hydrate, puis se désorganise.

Il est intéressant maintenant de comparer les résultats obtenus par l'action des forces osmotiques sur le chondriome dans la cellule animale. On a vu dans l'historique que Fauré-Fremiet et R. et H. Lewis ont constaté également que les mitochondries se transforment sous l'influence des milieux hypotoniques en grosses vésicules. Ces résultats ont été confirmés depuis par les recherches de Bang et Sjövall. On est moins fixé sur l'action des milieux hypertoniques sur le chondriome de la cellule animale. Cependant R. et H. Lewis ont montré que les chondriocontes se contractent en présence d'un milieu hypertonique et deviennent plus minces, Bang et Sjövall constatent également que les chondriocontes se contractent et même se déforment comme s'ils perdaient de l'eau.

Les expériences de Bang et Sjövall sur l'influence des actions osmotiques, comme les nôtres, ont mis en évidence l'extrême sensibilité du chondriome vis-à-vis de ces actions. Elles ont conduit en outre ces auteurs à formuler une théorie nouvelle du rôle des mitochondries, que nous devons examiner maintenant. En soumettant un foie de grenouille à une solution hypotonique, puis en le fixant, ces auteurs ont constaté que le chondriome, constitué normalement par de longs chondriocontes, s'était transformé sous l'influence du milieu hypotonique et n'était plus représenté que par de grosses boules arrondies (Fig. 2). En traitant un foie du même animal par une solution hypertonique, ces auteurs ont constaté, sur les coupes fixées et colorées de ce foie, que les chondriocontes s'étaient contractés.

Dans une troisième expérience, les mêmes auteurs traitent un foie de grenouille d'abord par une solution hypotonique, jusqu'à ce que les chondriocontes soient transformés en boules, puis par une solution isotonique ou faiblement hypertonique. Sur les coupes colorées de ce foie, ils constatent, cette fois, que les chondriocontes, d'abord transformés en vésicules, sous l'influence du milieu hypotonique, ont repris, après contact avec la solution isotonique, leur forme normale. L'altération du chondriome serait donc réversible et le chondrioconte peut se transformer en vésicule, pour reprendre ensuite sa forme normale.

En traitant des foies de grenouille par diverses substances toxiques de manière à les intoxiquer sans les tuer, Bang et Sjövall ont constaté que, sous l'influence de ces poisons, les chondriocontes peuvent également se transformer en vésicules, seulement les vésicules ainsi obtenues ne reprennent jamais la forme de chondriocontes, même si on place les cellules dans des solutions hypertoniques.

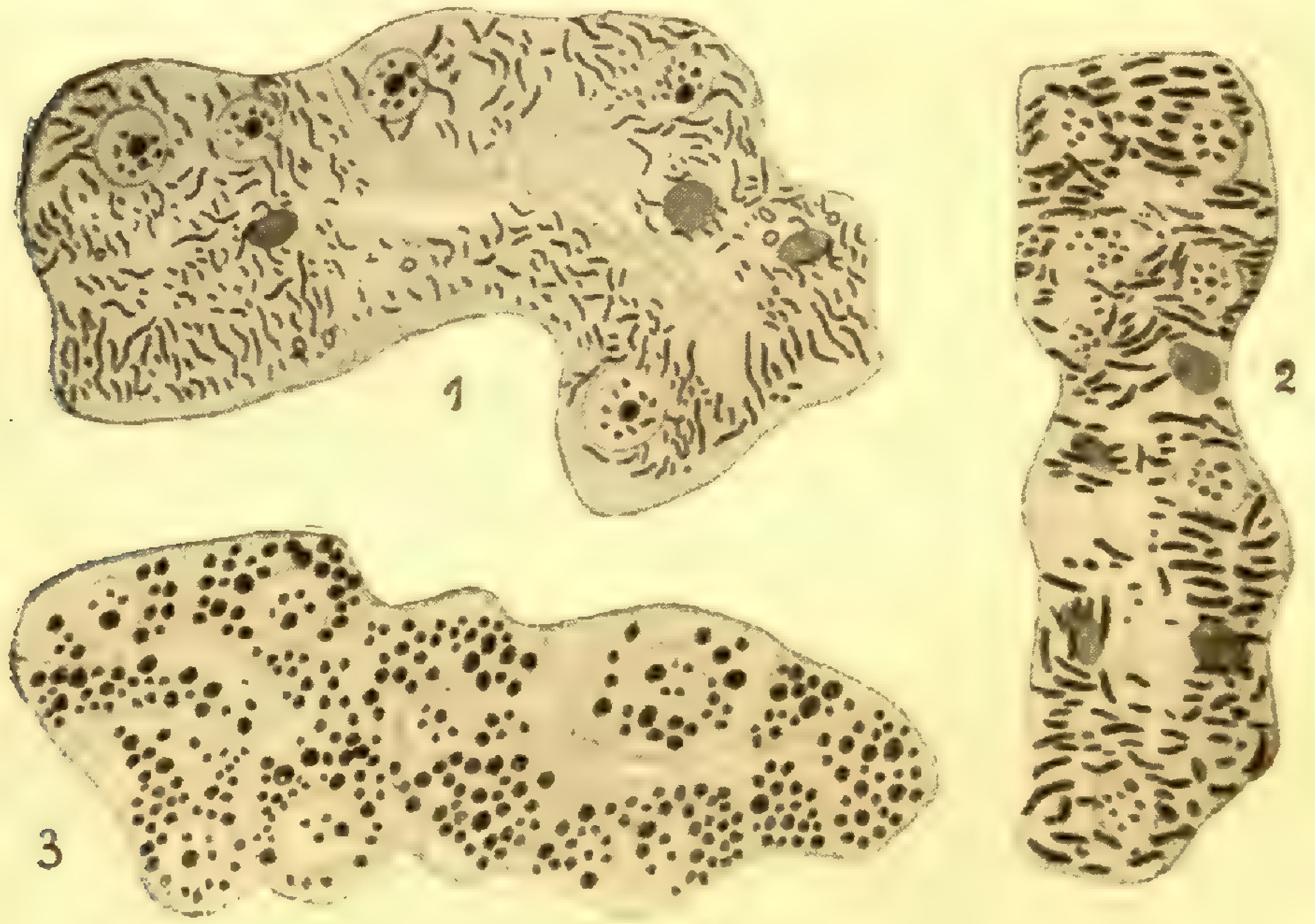


Fig. 2. — Action des milieux hypotoniques sur les cellules du foie de grenouille. 1) Après fixation au formol et coloration à l'hématoxyline ferrique, dans les conditions normales : les chondriocontes sont prédominants. 2) Après traitement par une solution hypotonique, puis fixation et coloration par les mêmes procédés : les éléments du chondriome sont très gonflés. 3) Après traitement plus prolongé dans la solution hypotonique, puis fixation et coloration par le même procédé : tous les éléments du chondriome, très gonflés, ont pris la forme arrondie. (d'après Bang et Sjövall).

Bang et Sjövall croient pouvoir conclure de cette série d'expériences que les mitochondries, qui se gonflent et prennent de l'eau en milieu hypotonique et se contractent en perdant de l'eau en milieu hypertonique, joueraient un rôle dans les phénomènes osmotiques de la cellule. Dans le cas d'intoxication, les vésicules sont probablement altérées et subissent une désagrégation moléculaire qui augmenterait leur pouvoir osmotique et rendrait impossible leur contraction.

Il était intéressant de reprendre ces expériences avec la Tulipe. Pour cela, nous avons placé des fragments d'épiderme de pétales d'une variété jaune où les chondriocontes étaient très dictincts, dans une goutte d'eau additionnée d'une trace d'éosine. On surveillait la préparation au microscope, puis au moment où les chondriocontes s'étaient gonflés et transformés en vésicules, mais avant la mort de la cellule, c'est-à-dire à un moment où la cellule ne prenait pas encore l'éosine et où les mouvements du cytoplasme persistaient, on transportait le fragment d'épiderme dans une solution isotonique ou faiblement hypertonique. Il ne nous a jamais été possible de constater le retour des mitochondries vésiculeuses à leur forme primitive de chondriocontes. Il est vrai que l'expérience est délicate et prête à des insuccès, parce que les cellules épidermiques détachées sont des cellules enlevées à leur milieu qui peuvent ne pas conserver toutes leurs propriétés physiologiques normales. Aussi nous sommes-nous placés dans des conditions plus naturelles ; nous avons, dans une autre série d'expériences, immergé des fragments de pétales tout entiers dans l'eau pendant un temps suffisant pour amener la transformation des mitochondries en vésicules, puis, après nous être assurés, par un examen microscopique, de cette transformation, nous les avons placés dans des solutions isotoniques. Les résultats ont toujours été les mêmes et il ne nous a pas été possible d'obtenir la transformation des vésicules en chondriocontes. Le même résultat fut obtenu en répétant exactement les expériences de Bang et Sjövall, c'est-à-dire en traitant un fragment d'épiderme par une solution hypotonique jusqu'à obtention de vésicules, puis en le soumettant ensuite à l'action d'une solution isotonique et en le fixant. Sur coupes colorées, on constatait que les chondriocontes conservaient toujours leurs formes vésiculeuses.

Nos résultats ne confirment donc pas ceux de Bang et Sjövall et il ne nous a, en aucun cas, été possible d'obtenir la transformation des vésicules en chondriocontes ; la forme vésiculeuse ne paraît donc pas réversible. Toutefois ces expériences sont fort délicates et prêtent à trop d'erreurs pour nous permettre de conclure d'une manière précise.

c) *Altérations du chondriome sous l'influence des diverses conditions physico-chimiques.* — Des altérations du chondriome semblables à celles que nous avons constatées en milieu hypotonique et se traduisant par le gonflement et la transformation des chondriocontes en vésicules peuvent s'observer sous diverses autres influences physico-chimiques. C'est ainsi que la compression détermine le gonflement des chondriocontes : un léger choc sur la lamelle de la préparation suffit à provoquer la transformation immédiate des chondriocontes en vésicules.

La dessiccation produit le même effet et si l'on n'a pas soin de placer rapidement, dans une solution isotonique, le lambeau d'épiderme que l'on a détaché d'un pétale et que l'on veut examiner, on s'aperçoit que toutes les cellules se sont altérées pendant cette opération : la membrane périplasmique s'est désorganisée, le cytoplasme se présente sous forme d'une masse granulo-alvéolaire renfermant en suspension de grosses vésicules mitochondriales, les vacuoles elles-mêmes sont souvent altérées. Bref, on observe les modifications qui se produisent vers la fin de la plasmolyse et qui ici ont probablement une cause analogue, la déshydratation.

L'action des températures élevées semble déterminer des altérations analogues du chondriome. En plaçant un bulbe fleuri de Tulipe pendant 1 à 2 heures dans une étuve à 45-50°, toutes précautions ayant été prises pour éviter l'évaporation, nous avons pu constater que les chondriocontes des cellules épidermiques des pétales

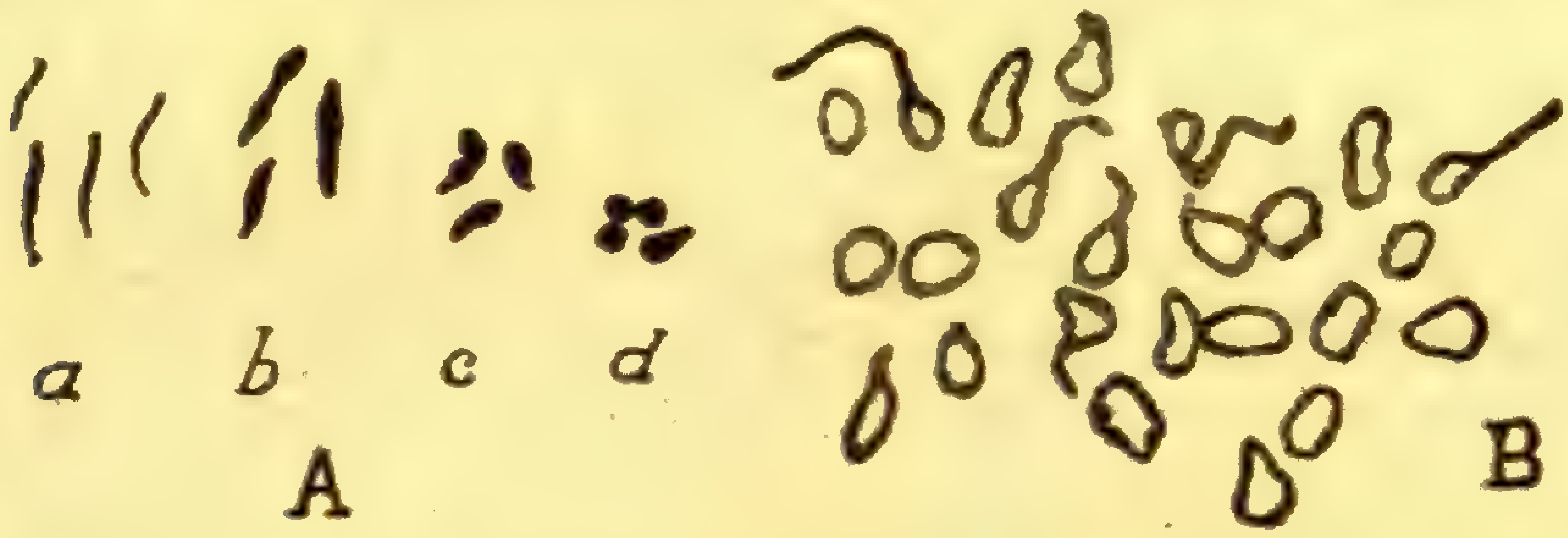


Fig. 3. — *Altération du chondriome par la chaleur. A.* Dans l'embryon de poulet. *a)* chondriocontes normaux, *b)* après séjour à 45°, *c)* et *d)* après séjour à 46° (d'après R. et H. Lewis) *B.* Dans l'épiderme de *Tulipa suaveolens*, après séjour prolongé à 45°.

manifestaient, après ce traitement, des altérations se traduisant par le gonflement et la transformation en vésicules des chondriocontes, ainsi que par une tendance à la confluence des vésicules. Le même résultat a été obtenu sous le microscope sur des lambeaux d'épiderme montés sur une lame en solution isotonique et placés sur une platine chauffante. D'autre part des pétales de fleurs fixées après avoir été placées, pendant 1 heure, à 47°, nous ont permis de constater sur coupes colorées que les mitochondries étaient transformées en vésicules et avaient perdu leur chromaticité, se distinguant à peine du cytoplasme.

Nous n'avons malheureusement pas poussé plus loin l'expérience qui mériterait d'être poursuivie, sur un sujet aussi favorable. On sait, en effet, que Policard a constaté que les mitochondries de divers tissus animaux s'altèrent en quelques minutes quand on soumet ces tissus à une température de 47-50° c. ; elles perdent leur chromaticité, tout en laissant subsister leur squelette qu'une observation attentive laisse distinguer sur des coupes colorées. R. et H. Lewis constatent également que les températures élevées (40-50°) déterminent le gonflement et la transformation en vésicules des mitochondries de la cellule animale (Fig. 3). Depuis Cowdry a vérifié ces résultats dans les cellules du méristème de la racine de Pois et du pancréas de la Souris. Policard et Cowdry attribuent cette altération à une dissolution des lipoïdes qui entrent dans la composition des mitochondries et que l'on sait instables sous l'action de la chaleur.

Nous avons observé également la transformation des éléments du chondriome en vésicules sous l'action du gel. Des bulbes fleuris ont été maintenus en pots à une température variant de — 15 à — 20° pendant une nuit de l'hiver 1917. Le lendemain, des fragments de l'épiderme des pétales prélevés de la fleur montraient des altérations assez semblables à celles que nous avons observées à la fin de la plasmolyse, avec transformation des mitochondries en grosses vésicules. On sait d'ailleurs que, d'après Matruchot et Molliard, l'action du gel amène une déshydratation de la cellule et des phénomènes semblables à ceux qui se produisent sous l'influence de la plasmolyse.

L'action des anesthésiques (éther et chloroforme) peut amener également la transformation des mitochondries en vésicules. Ces altérations légères, quand l'anesthésie n'a pas été prolongée, augmentent rapidement au bout d'un certain temps qui correspond à la mort de la cellule.

d) *Dégénérescence du chondriome.* — Après cette étude des altérations du chondriome provoquées par des actions artificielles, il faut observer les altérations qui se produisent normalement dans le chondriome des cellules épidermiques pendant la fanaison de la fleur. Dans les fleurs qui sont en voie de fanaison, les pétales se dessèchent rapidement et il devient très difficile de détacher l'épiderme. En outre, la membrane cellulosique devient très opaque et empêche de bien distinguer le contenu des cellules. Cependant, avec un peu de patience, on peut arriver à obtenir d'assez bonnes préparations vitales qui permettent d'observer les phénomènes de dégénérescence cellulaire. L'étude des coupes fixées et colorées permet d'ailleurs de contrôler et de compléter ce que l'on a vu par l'observation vitale.

On observe, pendant la fanaison, des phénomènes qui se traduisent par une désorganisation du cytoplasme et de la vacuole assez semblables à ceux que nous avons décrits à la fin de la plasmolyse. On sait d'ailleurs que les phénomènes de fanaison sont, d'après Matruchot et Molliard, des phénomènes de même ordre que la plasmolyse. La vacuole se désorganise et le cytoplasme se confond avec le suc vacuolaire sous forme d'un précipité granulo-alvéolaire. Le noyau subit une altération très marquée : le réseau chromatique se relâche et le noyau prend un aspect plus ou moins alvéolaire. Le nucléole se résorbe, puis le réseau chromatique disparaît peu à peu et le noyau prend l'aspect d'une vacuole entourée d'une paroi sur laquelle se trouvent appliqués les derniers vestiges du réseau chromatique, ce qui lui donne un aspect parfois festonné ou la forme d'un croissant (Pl. 16, fig. 5 à 7). Enfin le réseau chromatique se résorbe complètement, la paroi nucléaire finit par éclater et il ne subsiste plus rien du noyau. Cette dégénérescence nucléaire consiste donc en une sorte de chromatolyse (dégénérescence vacuolaire) analogue à celle que l'on observe dans la plasmolyse et à celles qui ont été décrites par Nemec, J. Bonnet et Guttenberg.

Le chondriome présente dès le début de la dégénérescence cellulaire des altérations. Les chondriocontes apparaissent sous forme de filaments allongés et le plus souvent rectilignes ; ils perdent donc leur aspect onduleux, sans doute par suite de la cessation des mouvements du cytoplasme. Un peu plus tard, ils se transforment en grande partie en chondriomites dont les grains se séparent les uns des autres, puis se gonflent et augmentent sensiblement de réfringence ; ceux-ci apparaissent comme d'assez gros grains réfringents, puis se transforment en vésicules (Pl. 16, fig. 1 à 7). Ces vésicules peuvent se gonfler et confluer les unes avec les autres, formant de petites masses à contours irréguliers, lobés. Enfin, tout à fait à la fin de la dégénérescence cellulaire, les parois des vésicules se résolvent en petits grains réfringents qui subsistent dans le liquide cellulaire avec les résidus du cytoplasme (Pl. 16, fig. 8). Quant aux mitochondries granuleuses, elles se dilatent et semblent également se transformer en vésicules et se désorganiser. Cette transformation pourrait peut-être s'expliquer par le fait que les mitochondries se trouvent, par suite de la coagulation du cytoplasme, isolées dans le liquide cellulaire.

Dans les variétés jaunes (Pl. 16, fig. 1 à 3), les chondriocontes, chargés de pigment, renferment de nombreuses gouttelettes graisseuses. Lors de la désorganisation des vésicules résultant de la dégénérescence de ces éléments, les globules graisseux se fusionnent les uns aux autres en masses arrondies ou de formes variables dans lesquelles le pigment jaune semble s'être dissout. Ces gros globules graisseux, chargés de pigment, sont les seuls éléments qui subsistent dans les cellules dans les dernières phases de la dégénérescence.

e) *Coloration vitale.* — Les essais que nous avons tentés en vue de colorer vitalement le chondriome de la variété blanche à l'aide des teintures préconisées pour les mitochondries des cellules animales nous ont rarement réussi (violet de Dahlia, vert Janus et violet de méthyle 5 B). En faisant agir le colorant dans une solution isotonique de saccharose, on obtient d'abord une coloration diffuse de la vacuole avec précipitation de petits corpuscules fixant plus énergiquement le colorant et qui est due à la coloration du composé phénolique contenu dans le suc vacuolaire. En général, au bout d'un certain temps, les cellules meurent et cette mort s'accompagne d'une altération du chondriome. Le noyau et le cytoplasme se colorent et les éléments du chondriome transformés en vésicules fixent les colorants d'une manière sensiblement plus intense que le cytoplasme. Cette coloration est uniquement localisée sur la paroi des mitochondries transformées en vésicules. Dans quelques cas, il nous a été possible d'obtenir d'assez bonnes colorations du chondriome avant son altération et avant la mort de la cellule, par le vert Janus et

On peut obtenir assez facilement la coloration postvitale des vésicules *provenant de l'altération du chondriome par le bleu de Nil*, ainsi que parfois par d'autres colorants tels que l'éosine.

le violet de Dahlia (Pl. 16, fig. 9 et 10). La coloration est alors uniquement localisée dans le chondriome : les chondriocontes et les mitochondries granuleuses apparaissent seuls colorés d'une manière diffuse dans le cytoplasme incolore. La coloration du chondriome dans les végétaux semble donc plus difficile à obtenir que dans la cellule animale, ce qui se trouve confirmé par le travail récent de Cowdry. Cela paraît dû aux parois cellulosiques qui rendent plus difficile la pénétration du colorant.

## F) ACTION DES DIVERS AGENTS CHIMIQUES

Nous avons essayé sur le chondriome l'action d'un certain nombre de réactifs chimiques.

Le réactif iodo-ioduré semble fixer (1) le chondriome comme l'ont montré Rudolph dans la cellule végétale, et R. et H. Lewis dans la cellule animale. *En montant une préparation* vitale dans ce réactif, on constate que les chondriocontes conservent leur forme sans subir d'altérations et se colorent en jaune pâle. Quand ils sont chargés de pigments, ils prennent une belle coloration verte due à la xanthophylle qui, on le sait, possède, de même que la carotine, la propriété de se colorer en vert par l'iodo-iodure. Les mitochondries granuleuses et les courts bâtonnets se conservent également et prennent une teinte jaune pâle. Le cytoplasme fondamental se colore en jaune foncé, tandis que le noyau prend une teinte virant sur le brun. Le cytoplasme est moins bien conservé que le chondriome et paraît subir des phénomènes de contraction et de coagulation qui peuvent s'accentuer à la longue et gêner l'observation du chondriome. Ce procédé permet de suivre la formation de l'amidon au sein des chondriocontes ; l'amidon prend une couleur brun acajou, qui tranche sur la teinte jaune claire des chondriocontes.

---

(1) L'emploi du réactif iodo-ioduré comme fixateur ne nous a toutefois pas réussi ; des coupes fixées par ce réactif nous ont montré un chondriome altéré. La conservation du chondriome ne paraît donc pas stable.

La coloration de l'amidon commence toujours avant que tous les autres éléments de la cellule n'aient pris la moindre teinte jaune et il semble que l'on puisse admettre, avec Chodat, que l'iodo-iodure force l'entrée du cytoplasme et, décomposé par les peroxydes des cellules actives, vient colorer l'amidon dans la cellule vivante.

Le réactif iodo-ioduré est très utile dans le cas où les cellules se conservent difficilement et où l'on n'a pas réussi à obtenir un milieu isotonique. En montant la préparation dans une goutte de ce réactif, on est sûr que le chondriome se conserve dans la forme qu'il possédait sur le vivant.

Dans une solution d'acide osmique à 1 °/₀ ou simplement par les vapeurs de cette solution, le chondriome est généralement très bien fixé. Le cytoplasme paraît subir une certaine altération ; quant au chondriome, il se conserve généralement dans sa forme, certains chondriocontes offrent cependant une tendance à former sur leur trajet des vésicules. Le cytoplasme prend une teinte jaunâtre et le noyau réduit légèrement l'acide osmique. La vacuole prend une coloration brune plus ou moins foncée selon sa teneur en composés phénoliques, ou reste incolore si ces composés font défaut.

Dans la variété blanche, les chondriocontes restent incolores. Dans la variété pigmentée, ils sont remplis de petites inclusions graisseuses qui brunissent par l'acide osmique. Ces résultats sont d'accord avec ceux obtenus dans la cellule animale par Fauré-Fremiet qui constate que les mitochondries ne réduisent pas l'acide osmique, à moins qu'elles n'aient subi préalablement l'action d'un corps réducteur (acide pyrogallique), ainsi qu'avec ceux de Lewitsky, Rudolph et Orman qui ont montré que les mitochondries des cellules végétales ne brunissent pas par l'acide osmique.

Les solutions d'acide osmique conservent donc très bien les chondriocontes des cellules épidermiques des pétales de Tulipe et peuvent ainsi être employées pour les observer postvitalement, à défaut de solutions isotoniques. Toutefois, dans certaines cellules, elles altèrent légèrement les mitochondries.

L'éther, le chloroforme, la benzine et le xylol détruisent les mitochondries qu'ils transforment en vésicules ; ces vésicules perdent ensuite leur netteté.

Une solution de potasse caustique à 5 % produit également, en peu de temps, la transformation des mitochondries en grosses vésicules.

Les solutions d'acide acétique ont aussi une action nocive très prononcée sur le chondriome. Si l'on monte un fragment d'épiderme dans une solution à 2 % d'acide acétique, on constate que les chondriocontes se transforment immédiatement en grosses vésicules. A 5 %, ces vésicules perdent leur netteté et le chondriome semble se dissoudre complètement.

### G) ACTION DES FIXATEURS SUR LE CHONDRIOME ET LE CYTOPLASME

La forte dimension des cellules épidermiques des pétales de Tulipe, l'extrême facilité avec laquelle elles laissent observer les moindres détails de leur structure en font un objet précieux pour l'étude, si importante en cytologie, de l'action des fixateurs sur le cytoplasme. Aussi avons-nous profité de cette facilité pour entreprendre une étude méthodique et précise de l'action des fixateurs sur le chondriome et le cytoplasme.

Pour cela, nous nous sommes encore surtout adressé à la variété jaune de Tulipe, car les chondriocontes, par leur couleur jaune qui persiste au début de la fixation, permettent de suivre plus facilement les altérations du chondriome que dans les autres variétés.

Nous avons d'abord observé les premières phases de l'action du fixateur sous le microscope en montant des fragments d'épiderme dans une goutte de fixateur. En même temps des pièces, après avoir été fixées par le même fixateur, étaient colorées par l'hématoxyline ferrique ou la fuchsine acide sur des coupes à la paraffine de manière à nous permettre de mieux nous rendre compte de l'effet produit. Comme les coupes à la paraffine ont l'inconvénient de contracter assez fortement les cellules épidermiques très délicates, ce qui gêne parfois l'observation, surtout lorsque la fixation est défectueuse, nous avons donc dans une troisième serie d'expériences fixé des épidermes étalés sur des bouchons au moyen d'épingles. Une portion de ces épidermes étaient ensuite examinés au microscope dans une goutte d'eau aussitôt après la fixation ; l'autre était colorée par l'hématoxyline ferrique ou la fuchsine acide, puis montée au baume.

Ce dernier procédé ne donne pas toujours de bons résultats par suite de la membrane qui gêne l'observation, mais il permet d'obtenir une vue d'ensemble de la cellule parfois plus exacte que celle que l'on obtient par les coupes à la paraffine.

Les résultats de cette étude montrent que, au point de vue de leur action sur le cytoplasme et le chondriome, il y a lieu de grouper les fixateurs en trois catégories :

1° Les premiers, qui sont les fixateurs les plus employés (alcool à 95° ou absolu, alcool iodé, solution alcoolique saturée d'acide picrique, solution alcoolique saturée de sublimé, liquide picroformolé de Bouin, liquides de Perenyi, de Ladowsky, de Zenker, de Tellyeniszky, de Mann, de Carnoy), fixent convenablement le noyau, mais bouleversent entièrement la structure cytoplasmique en détériorant les mitochondries.

En général, l'action des fixateurs se fait subir très rapidement et peut être observée sous le microscope (Pl. 16, fig. 11) à 13. Elle se manifeste par une modification de l'allure générale du chondriome dont les chondriocontes faciles à distinguer parce qu'ils conservent leur teinte jaune, s'enchevêtrent et montrent une tendance à confluer et à s'anastomoser dans le cytoplasme en un réseau continu. Dans une seconde phase, on constate l'apparition sur la trame de ce réseau, c'est-à-dire sur les chondriocontes anastomosés, de vésicules semblables à celles que nous avons décrites dans les altérations du chondriome provoquées par les solutions hypo- ou hypertoniques. Ces vésicules se gonflent, prennent un contour irrégulier, puis parfois se transforment en masses de formes irrégulières et d'aspect granuleux. Il résulte de ces phénomènes la formation d'une structure artificielle du cytoplasme, déterminée surtout par l'altération du chondriome, et constituée par un cytoplasme fondamental, sorte de coagulum finement granuleux et le plus souvent peu apparent, et par un réticulum grossier d'origine mitochondriale plus ou moins interrompu et renfermant dans les nœuds de sa trame de grosses vésicules, de contours irréguliers, lobés, étoilés, à parois finement granuleuses, ou des masses de formes variables et d'aspect granuleux.

La coloration jaune des chondriocontes persiste au début, puis disparaît peu à peu. Ces altérations sont poussées plus ou moins oin selon le fixateur, ce qui fait qu'il y a des différences de détails avec chaque fixateur.

C'est ainsi que les liquides de Zenker et Tellyeniszky provoquent simplement la transformation partielle des chondriocontes en grosses vésicules arrondies, à parois finement granuleuses avec ou sans anastomoses de chondriocontes. Le liquide de Perenyi détermine la formation de réseaux avec dilatation granuleuse qui semblent provenir de vésicules dont la paroi s'est désorganisée en petites granulations. L'alcool absolu, les liquides de Lenhossék, Ladowsky, l'alcool iodé, l'alcool saturé d'acide picrique ou de sublimé, donnent des réticulum plus visibles avec de grosses vésicules à contours irréguliers et à paroi montrant une tendance à se transformer en fines granulations.

Le liquide de Carnoy fragmente les chondriocontes en petites vésicules qui ont une tendance à confluer. Le liquide de Bouin paraît avoir une action moins nocive et agit plus lentement sur le chondriome. Son action consiste en une sorte de contraction des chondriocontes, puis en leur confluence donnant au cytoplasme un aspect plus ou moins réticulé.

Le liquide de Mann détermine une forte contraction du cytoplasme qui se détache de la membrane cellulaire et provoque en même temps la transformation des chondriocontes en grosses vésicules.

En même temps que ces phénomènes se produisent sur le chondriome, le cytoplasme proprement dit est le siège de phénomènes de contraction et de coagulation avec parfois formation de vacuoles artificielles et de boules sarcodiques amenant une alvéolisation, mais ces phénomènes sont beaucoup plus difficiles à analyser.

Après coloration à l'hématoxyline ferrique ou à la fuchsine acide, les résidus du chondriome (réticules, vésicules, masses granuleuses, fines granulations) sont un peu plus colorables que le cytoplasme fondamental qui apparaît sous forme d'un coagulum finement granuleux et faiblement coloré. Les parties les plus chromophiles du cytoplasme correspondent donc aux résidus du chondriome. La structure obtenue est celle que présente le plus souvent le cytoplasme fixé et coloré et qui a fait admettre à beaucoup d'auteurs que le cytoplasme a une structure réticulée ou alvéolaire (Pl. 19, fig. 1 à 3).

Au contraire, le noyau est la partie de la cellule qui résiste le plus à l'action de ces fixateurs, qui, en général, se conserve plus ou moins dans la forme qu'il présentait sur le vivant.

Un fait curieux est qu'au début de la fixation avec la plupart des fixateurs que nous venons d'énumérer, l'anthocyane contenue dans la vacuole avant de se diffuser dans le liquide vient se fixer sur le noyau qu'elle colore ; le noyau une fois mort possède donc une affinité spéciale pour l'anthocyane, comme nous l'avons déjà constaté dans la mort des cellules sous l'influence des solutions hypertoniques et comme l'ont montré déjà les observations de Moreau.

L'action des fixateurs de ce premier groupe sur le chondriome nous paraît être due à deux causes :

*a)* L'alcool et l'acide acétique contenus dans la plupart de ces fixateurs paraissent avoir une très grande importance. Il semble que ces deux substances aient un effet particulièrement nocif sur le chondriome, comme l'ont montré Fauré-Fremiet, Regaud, Lewitsky et Cowdry. Il est aisé d'observer l'altération du chondriome sous l'influence de l'alcool par une observation directe sous le microscope. D'autre part, nous avons dit que les solutions alcooliques concentrées d'acide picrique et de sublimé altèrent profondément le chondriome. Or, nous verrons plus loin que des solutions aqueuses concentrées d'acide picrique et de sublimé fixent au contraire le chondriome, ce qui semble bien démontrer l'action nocive de l'alcool. Nous avons vu d'autre part qu'une solution d'acide acétique à 2 % suffit à transformer immédiatement les chondriocontes en vésicules et qu'une solution à 5 % semble les dissoudre complètement. Nos résultats confirment absolument sur ce point les données apportées par les recherches de Fauré-Fremiet, de Regaud, de Lewitsky, de Cowdry et infirment l'opinion soutenue par Rudolph et Alvarado (1), que l'alcool et l'acide acétique fixent le chondriome. En outre, ils ne sont pas d'accord avec ceux de Fauré-Fremiet qui prétend avoir obtenu une fixation du chondriome par le liquide de Carnoy.

---

(1) Nous ne pensons pas que les résultats d'Alvarado soient appuyés sur une base solide. L'auteur constate seulement qu'il a pu différencier des mitochondries dans des Méduses fixées à l'alcool par la méthode d'imprégnation argentique, mais il n'a pas comparé ses résultats avec ceux qu'il aurait pu obtenir avec d'autres méthodes de fixation, il ne dit pas si toutes les mitochondries sont conservées et si elles ne présentent pas d'altérations. Les autres arguments reposent sur le fait que la simple fixation au formol, suivie de traitement par l'alcool qu'il a employé pour mettre en évidence le chondriome des végétaux lui a permis d'obtenir une excellente différenciation des mitochondries, d'où il conclut que les mitochondries sont beaucoup moins sensibles à l'alcool qu'on ne l'a prétendu et que l'action du bichromate n'est pas nécessaire pour insolubiliser les mitochondries, ce en quoi nos observations sont en parfaite concordance avec celles d'Alvarado, puisque nous

*b)* Il nous semble également qu'une partie de ces altérations puissent être attribuées aux troubles osmotiques exercés par les fixateurs dans la cellule. Les altérations du chondriome sous l'influence de ces fixateurs sont, en effet, très semblables à ce que nous avons observé dans les cellules vivantes examinées en milieux hypo-ou hypertoniques. C'est de cette manière, par exemple, que semblent s'expliquer les altérations déterminées par le liquide de Mann qui ne renferme ni alcool, ni acide acétique. Nous verrons plus loin qu'il y a des cellules particulièrement sensibles aux effets osmotiques chez lesquelles les méthodes mitochondriales provoquent des altérations semblables. Déjà Bang et Sjövall ont attribué à cette cause une grande partie des échecs dans la fixation des mitochondries ; nos observations confirment ce qu'ont vu ces auteurs.

Remarquons enfin que les solutions alcooliques concentrées d'acide picrique et l'alcool iodé recommandés par Schimper pour la fixation des plastes, notamment des chromoplastes, provoquent une altération profonde des chondriocontes.

La seconde catégorie de fixateurs comprend les solutions aqueuses concentrées d'acide picrique et de bichlorure de Hg et le liquide de Flemming fort. Ceux-ci conservent le chondriome en ratatinant et en modifiant un peu la forme de ses éléments et parfois au détriment de leur chromaticité. Ces fixateurs respectent donc le chondriome dans son ensemble, mais modifient dans une certaine mesure la forme de ses éléments si bien qu'ils ne sont pas très recommandables (Pl. 19, fig. 5 et 6). Ils exercent, en outre, une action sur le cytoplasme proprement dit (formation de plages de coagulation). Sur ce point, nous sommes en désaccord avec les résultats obtenus par Lewitsky qui considère tous ces fixateurs comme détrui-

avons obtenu de bonnes fixations par le formol, non suivies de postchromisation. Mais nos observations ne laissent aucun doute sur l'effet nocif de l'alcool sur le chondriome puisqu'elles ont été faites sous le microscope dans des tissus vivants montés dans une goutte d'alcool. Quant à Forenbacher qui prétend, lui aussi, avoir obtenu la différenciation des mitochondries par simple fixation à l'alcool, il n'a fixé que des chondriocontes en voie de se transformer en chloroplastes et qui, par conséquent, ont déjà subi une modification dans leur chimisme.

sant entièrement le chondriome. Ces résultats résumés dans une Note préliminaire, en 1917, ont été ensuite confirmés dans la cellule végétale aussi bien que dans la cellule animale par Cowdry.

2° La troisième catégorie de fixateurs comprend les méthodes mitochondriales mises en pratique dans ces dernières années, qui conservent aussi fidèlement que possible le cytoplasme dans la forme qu'il possédait sur le vivant. Elles peuvent déterminer parfois une certaine alvéolisation du cytoplasme, mais le chondriome est toujours très bien fixé. Certaines de ces méthodes sont susceptibles, en certains cas, de provoquer des altérations partielles des mitochondries ; c'est ainsi que les chondriocontes peuvent, sous l'influence de ces fixateurs, former sur leur trajet de petites vésicules dues à des troubles osmotiques. Parmi ces procédés (méthode de Altmann, de Benda, de Regaud I à IV, de Champy), il en est cependant qui se se sont montrées défectueuses pour la fleur de Tulipe, ce sont les méthodes I, II et III de Regaud. La méthode I, c'est-à-dire le mélange de bichromate-formol, acide acétique, provoque la transformation partielle des chondriocontes en petites vésicules, sans doute par suite de l'action de l'acide acétique. D'autre part, les méthodes II et III (liquides picroformolés sans acide acétique) ont donné de moins bonnes fixations que la méthode IV (bichromate-formol).

Ces deux dernières méthodes avec la méthode de Benda sont celles qui ont fourni les meilleurs résultats. La meilleure fixation a été obtenue par la méthode de Benda. Avec cette méthode, nous avons obtenu une fixation aussi parfaite que possible du cytoplasme. Les mitochondries fixées par cette méthode apparaissent exactement sous la forme qu'elles avaient sur le vivant, sans la moindre altération. La méthode a, en outre, l'avantage sur celle de Regaud de conserver les globules graisseux que l'on rencontre fréquemment au sein des chondriocontes et qui apparaissent noircis par l'acide osmique. Il ne faudrait pas croire, cependant, que cette méthode donne toujours d'aussi bons résultats ; on verra plus loin qu'il y a d'autres cellules où la méthode de Regaud (1) fixe mieux le chondriome.

---

(1) D'une manière générale, la méthode IV de Regaud est celle qui donne les meilleurs résultats dans la cellule végétale ; la méthode de Benda ne réussit pas toujours à cause de la difficulté de pénétration de l'acide osmique.

Chaque cellule réagit à sa manière et l'on peut dire qu'il y a autant de variétés de mitochondries que de variétés de cellules.

Sur coupe à la paraffine fixées par la méthode de Benda et colorées à l'hématoxyline ferrique, le chondriome se détache très distinctement par sa coloration intense sur le fond peu coloré du cytoplasme ; ce dernier offre un aspect tellement finement granuleux, qu'il paraît presque homogène et les cellules donnent dans leur ensemble des figures tout à fait superposables à celles que l'on peut observer dans la cellule vivante.

Les méthodes mitochondriales donnent également une bonne fixation du noyau et n'altèrent pas sa structure interne. Il n'en est pas de même dans beaucoup d'autres cellules dans lesquelles les méthodes mitochondriales, sans doute sous l'influence du bichromate de potasse, que l'on sait avoir une influence nocive sur la chromatine, altèrent notablement le réseau chromatique.

Un autre fixateur qui doit être rattaché au troisième groupe de fixateurs par son action sur le chondriome est le formol à 40 %. Sapehin l'a recommandé pour la fixation du chondriome de la cellule végétale. Bang et Sjövall ont montré récemment que ce fixateur employé sans postchromisation ultérieure donne les meilleures fixations du chondriome de la cellule hépatique de la grenouille. La même méthode est également préconisée par Cowdry. Nos observations montrent qu'effectivement, le formol fixe convenablement le chondriome de la cellule de la fleur de Tulipe. Seulement, la fixation obtenue est infiniment inférieure dans son ensemble à celle qu'on obtient par les autres procédés. Le cytoplasme présente des masses coagulées en forme de plages et se colore beaucoup plus énergiquement qu'avec les autres procédés, ce qui fait que le chondriome se distingue moins facilement. Les chondriocontes paraissent parfois légèrement contractés.

Le fait que le formol sans postchromisation suffit à fixer convenablement le chondriome nous a amené à rechercher si la postchromisation est vraiment utile à la fixation du chondriome.

On a vu que son utilité a été constatée par Duesberg et le plus récemment par Bang, Sjövall et par Cowdry. Des coupes fixées par la méthode IV de Regaud et par la méthode de Benda sans postchromisation nous ont fourni des résultats absolument analogues à ceux obtenus par les mêmes méthodes avec postchromisation ultérieure. La postchromisation ne paraît donc pas nécessaire, du moins dans les cas que nous avons observés. Le bichromate ne semble donc pas jouer le rôle essentiel d'insolubilisateur des lipoïdes mitochondriaux comme l'admettent Regaud et Policard (1). Cependant, le bichromate de potassium exerce un rôle certainement favorable, puisque la fixation par le formol donne des résultats sensiblement inférieurs à ceux que l'on obtient par la méthode de Regaud (bichromate-formol). Nous avons souvent d'ailleurs observé des cellules dans lesquelles la postchromisation exerçait une très notable influence sur la colorabilité du chondriome. Nous pensons que le bichromate agit sur le chondriome comme mordant et, en outre, diminue la chromaticité du cytoplasme proprement dit, ce qui permet d'obtenir une meilleure différenciation du chondriome. L'opinion de Bang et de Sjövall sur l'inutilité du bichromate dans la fixation du chondriome est, en tous cas, fort exagérée.

Les résultats généraux de notre étude sur la fixation du cytoplasme dans les cellules épidermiques de Tulipe confirment donc les résultats de Schwartz, Flemming, Henneguy, A. Fischer, Fauré-Fremiet et A. Mayer et ses collaborateurs et montrent que les fixateurs ordinairement employés jusqu'ici bouleversent complètement la structure du cytoplasme et déterminent la production de structures artificielles variant selon le fixateur employé. Nos observations montrent en outre que la plus grande partie de ces structures artificielles, dues à certaines substances nocives et aussi à l'effet des actions osmotiques résultent surtout de l'altération du chondriome. Ces fixateurs donnent, par contre, de bonnes fixations du noyau. Ce sont des *fixateurs nucléaires.*

Nos recherches précisent les résultats obtenus par Fauré-Fremiet, Lewitsky, R. et H. Lewis et démontrent que les méthodes mitochondriales reproduisent, en général, aussi bien que possible l'aspect du cytoplasme vivant et qu'il ne saurait être question de suspecter en quoi que ce soit la réalité des figures mitochondriales qui se présentent après la fixation avec les mêmes caractères que dans la cellule vivante. Si la plupart des fixateurs ordinairement employés jusqu'ici bouleversent la structure du cytoplasme, il n'en est donc pas de même pour les méthodes mitochondriales que l'on peut considérer comme les *fixateurs cytoplasmiques* par excellence.

---

(1) Les tissus retiennent le chrome après fixation. Regaud et Policard ont essayé d'étudier cette rétention en dosant le chrome dans les organes après fixation et ont constaté que la postchromisation augmente beaucoup le taux de la rétention de chrome. Ces auteurs admettent que le chrome se combine avec les lipoïdes mitochondriaux et les insolubilise.

Il ressort d'autre part de ces recherches, que les mitochondries des cellules végétales présentent les mêmes caractères chimiques que les mitochondries de la cellule animale.

Ces résultats qui nous paraissent susceptibles d'une large généralisation montrent que les mitochondries sont les éléments les plus fragiles de la cellule, ce sont les plus sensibles aux influences osmotiques. C'est par elles que se manifestent les premiers symptômes d'un trouble survenu dans l'équilibre osmotique de la cellule ; c'est également par elles que se manifestent les premiers signes de la dégénérescence cellulaire. Il est donc aisé de comprendre que les mitochondries sont aussi les éléments les plus difficiles à fixer en raison de leur fragilité. Le noyau au contraire qui est l'organe le plus résistant aux influences osmotiques est en même temps le plus facile à fixer.

### H) Observation de la cellule fixée et colorée

L'étude des coupes à la paraffine, fixées par la méthode de Benda et colorées par la méthode de Kull ou par l'hématoxyline ferrique, permet de contrôler les observations vitales que nous avons faites et de suivre l'évolution du chondriome pendant le développement de la fleur. La coloration par la méthode de Kull a donné les résultats les plus intéressants : elle a l'avantage sur la coloration à l'hématoxyline ferrique de permettre de distinguer, avec beaucoup de netteté, les globules graisseux qui se rencontrent fréquemment au sein des chondriocontes.

Dans les stades de l'élaboration de l'amidon, elle permet aussi, mais dans les cas les plus favorables seulement, de mettre en évidence les grains d'amidon sur le trajet des chondriocontes ; les grains d'amidon sont colorés en bleu par le bleu de toluidine au sein des chondriocontes colorés en rouge par la fuchsine acide.

Examinons d'abord le développement des pièces du périanthe de la variété blanche. Dans les stades les plus jeunes du bourgeon floral, les cellules épidermiques des sépales et des pétales se presentent comme de petites cellules à cytoplasme assez dense, parsemé de petites vacuoles, avec un énorme noyau occupant une grande partie de la cellule. Le chondriome est très riche et se compose exclusivement de mitochondries granuleuses ou en forme de courts bâtonnets. On trouve parmi ces éléments de nombreuses formes en haltères et des mitochondries granuleuses accouplées en forme de diplocoques, qui représentent des stades de division (fig. 4, A). Le cytoplasme renferme, en outre, un grand nombre de petits globules graisseux et plusieurs globules de même nature, plus gros, qui, par leur fusion, sont destinés à former plus tard le gros corpuscule graisseux qui se rencontre dans chaque cellule. Ces

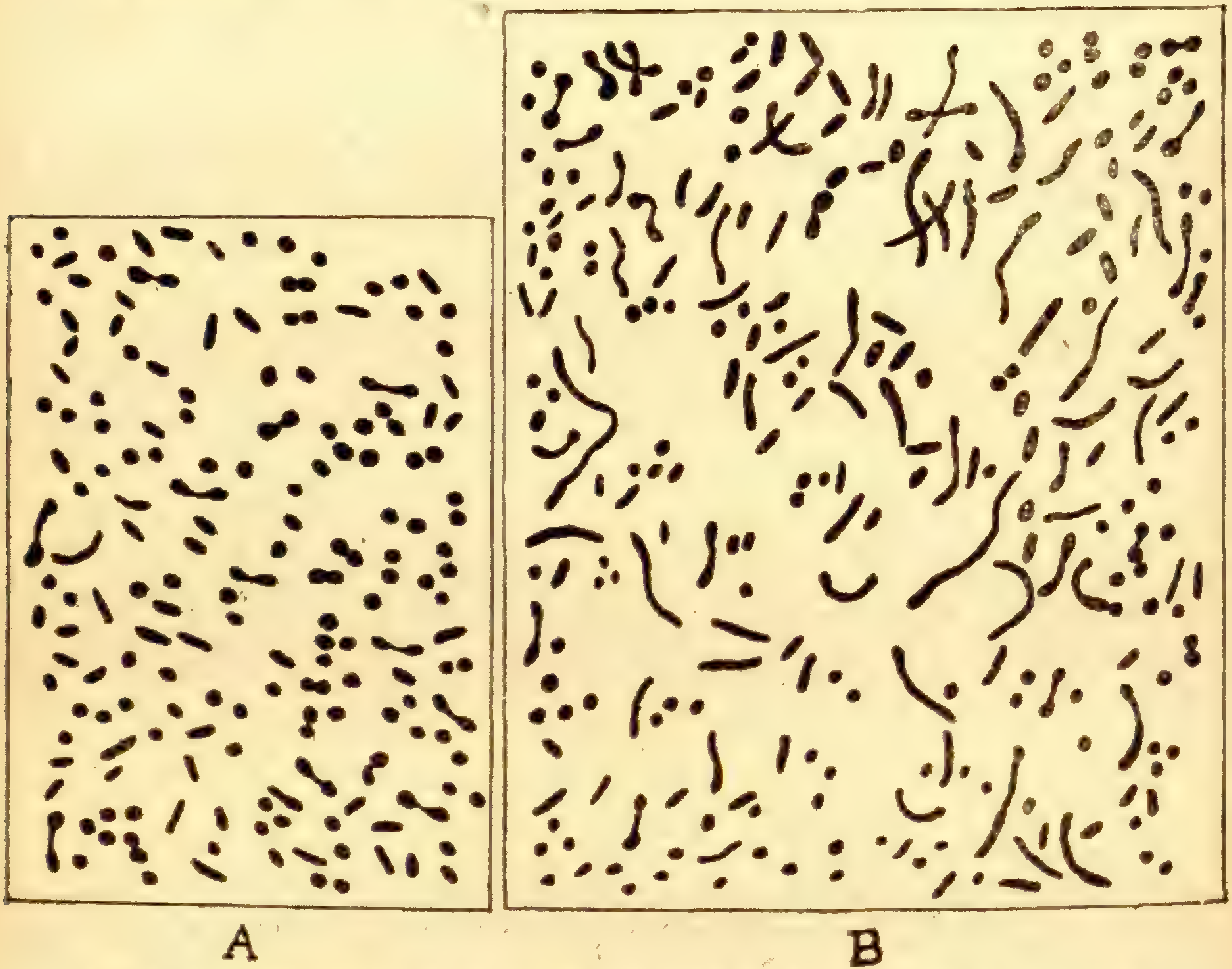


Fig. 4. — Chondriome de l'épiderme des pétales de la fleur de *Tulipa suaveolens* (variété blanche à divers stades du développement, examiné à un grossissement de 3000. *A)* Dans une très jeune fleur. *B)* Dans une fleur plus âgée. (Fixation par la méthode de Benda et coloration à l'hématoxyline ferrique).

corpuscules apparaissent brunis par l'acide osmique, ils ne sont jamais entourés d'aucune écorce colorable par la fuchsine ou l'hématoxyline. Enfin on aperçoit dans les vacuoles quelques gouttelettes de composés phénoliques qui apparaissent colorés par l'hématoxyline ou la fuchsine quand la régression n'a pas été poussée très loin, et qui, dans le cas contraire, offrent des teintes variant du brun au jaune par suite de l'action combinée de l'acide osmique et du bichromate de potassium.

A un stade ultérieur, une partie des mitochondries granuleuses se transforment en chondriocontes (Pl. 17, fig. 1 à 5) ; puis ceux-ci élaborent sur leur trajet de petits grains d'amidon simples (1) ou composés (Pl. 17, fig. 6), tandis que peu à peu les petites vacuoles se fusionnent en une seule vacuole. Plus tard, ces grains d'amidon se résorbent, les chondriocontes s'allongent beaucoup et la cellule prend son aspect définitif.

Dans les cellules épidermiques des sépales et des pétales d'une fleur ouverte, on observe exactement la structure que nous avons pu mettre en évidence avec tous ses détails par la simple observation vitale. Examinées par exemple sur coupe fixée par la méthode de Benda et colorée par la méthode de Kull, ces cellules offrent un noyau, occupant le milieu ou l'un des côtés de la cellule et un cytoplasme d'aspect homogène renfermant un chondriome constitué par un très grand nombre de chondriocontes, minces, très allongés, onduleux, parfois ramifiés et par d'assez nombreuses mitochondries granuleuses ou en courts bâtonnets. Ces derniers ont un diamètre un peu plus élevé que les chondriocontes et sont légèrement plus chromophiles (Pl. 17, fig. 9 à 14 et fig. 5 du texte). On y distingue également un certain nombre de petits globules graisseux, brunis par l'acide osmique ; enfin chaque cellule renferme en outre, sur une région quelconque du cytoplasme, un gros corpuscule graisseux que l'acide osmique brunit également ; exceptionnellement on peut en trouver deux accolés l'un à l'autre.

---

(1) Dans un mémoire récent, Alvarado paraît admettre que l'amidon résulte d'une transformation intégrale des mitochondries et qu'il n'apparaît pas sous forme d'un grain au sein de la mitochondrie, contrairement à ce que nous avons décrit et à ce qu'ont très bien observé Schimper et Meyer. Cette conclusion est appuyée sur des résultats obtenus par une méthode spéciale imprégnation argentique). Nos observations ne peuvent confirmer ces vues. L'amidon apparaît toujours dans l'intérieur du chondrioconte et reste pendant tout son développement entouré d'une mince écorce mitochondriale. Le fait est démontré : 1° par la coloration par la méthode de Regaud qui ne colore pas l'amidon qui apparaît sur un point de la longueur du chondrioconte sous forme d'une vacuole donnant au chondrioconte l'aspect vésiculeux. 2° Par la méthode que nous avons indiquée consistant à traiter les préparations ainsi obtenues par le réactif iodo-ioduré qui permet de différencier l'amidon au sein du chondrioconte sans que le chondrioconte soit décoloré et de constater que la vacuole est en réalité un grain d'amidon. 3° Par la méthode de Benda-Kull qui colore l'amidon en bleu au sein du chondrioconte teint en rouge. 4° Par l'observation de cellules vivantes dans le réactif iodo-ioduré qui permet souvent de constater que le grain d'amidon né sur le trajet d'un chondrioconte est entouré d'une mince pellicule, colorable en jaune pâle par l'iode. Du fait qu'une méthode, qui à notre avis ne paraît pas supérieure aux autres, ne permet pas de suivre, d'une manière exacte, les divers stades de la formation de l'amidon, on ne peut pas conclure à l'inexactitude des processus décrits avec précision par plusieurs méthodes différentes.

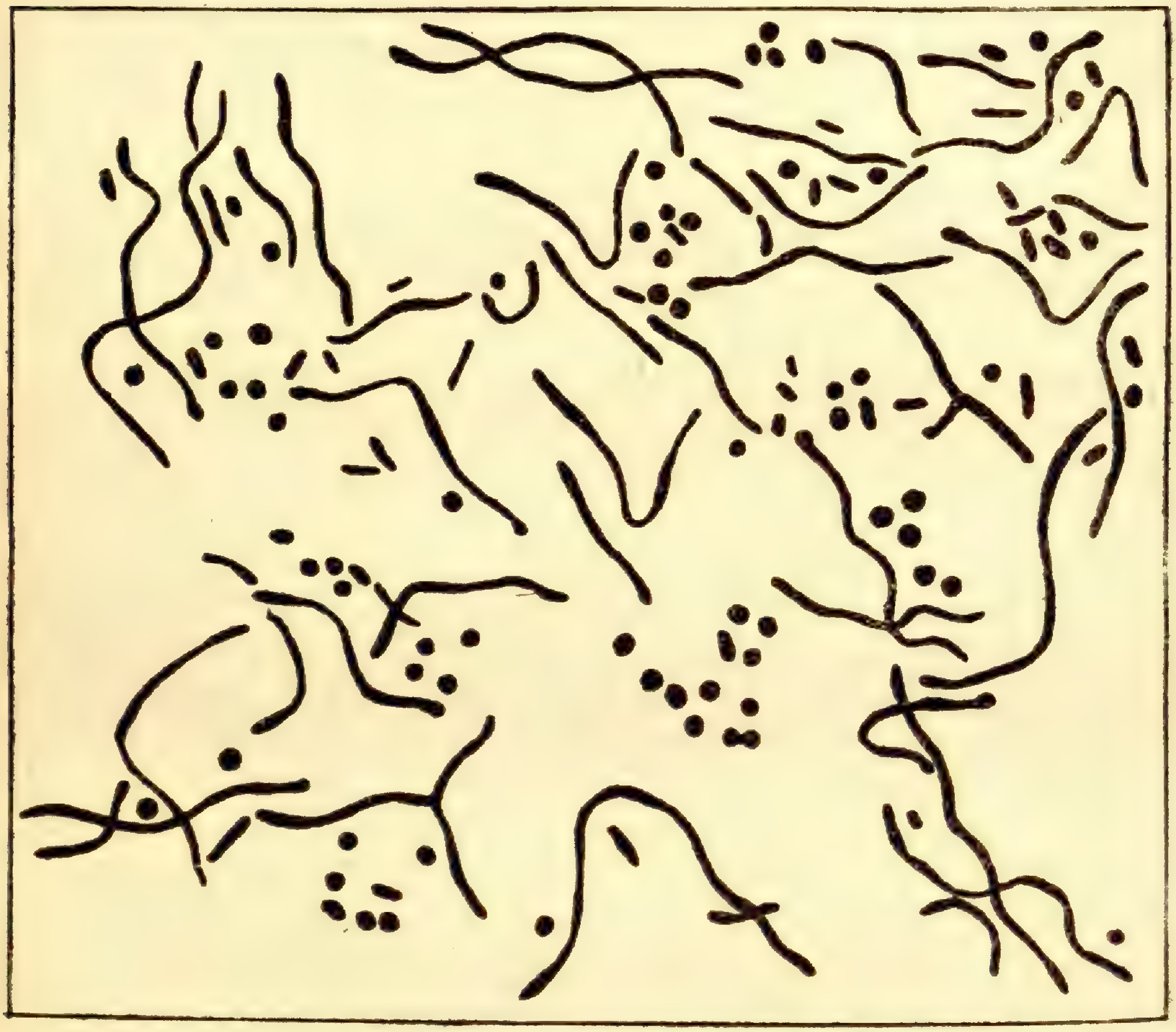


Fig. 5. — Chondriome de l'épiderme des pétales dans une fleur ouverte de *Tulipa suaveolens* (variété blanche), dessiné à un grossissement de 3000 sur une préparation fixée par la méthode de Benda et colorée à l'hématoxyline ferrique).

Les cellules du mésophylle présentent, au début du développement, une structure analogue à celle des cellules épidermiques avec un chondriome exclusivement formé par des mitochondries granuleuses, mais une partie de celles-ci se transforment de bonne heure en chondriocontes et ces derniers éléments s'épaississent, prennent la forme de bâtonnets courts et trapus qui sont de petits chloroplastes et élaborent d'assez gros grains d'amidon composés. Plus tard, un peu avant l'ouverture de la fleur, l'amidon s'est résorbé et les chloroplastes s'allongent et se transforment en bâtonnets onduleux, souvent moniliformes, qui se distinguent des chondriocontes des cellules épidermiques par leur plus grande épaisseur et qui représentent des chromoplastides.

L'évolution du chondriome dans une variété jaune présente les mêmes particularités au début, avec cette différence que les vacuoles sont beaucoup plus riches en composés phénoliques qui se transforment ensuite en pigments anthocyaniques. Le chondriome des cellules épidermiques est d'abord exclusivement sous forme de mitochondries granuleuses ou en courts bâtonnets, présentant de nombreuses figures de divisions ; puis une partie de ces éléments se transforment en chondriocontes, d'abord peu allongés, qui élaborent de l'amidon. Après la résorption de cet amidon, les chondriocontes se remplissent sur tout leur trajet de petites inclusions graisseuses qui, dans les coupes fixées par la méthode de Benda et colorées par celle de Kull, apparaissent comme de petites ponctuations se détachant en brun au sein des chondriocontes colorés en rouge. Les chondriocontes s'allongent ensuite et s'épaississent. Ils ont alors leur forme définitive.

Dans la fleur entièrement développée, les cellules épidermiques offrent la même structure que dans la variété blanche, mais les chondriocontes sont plus épais et moins fortement colorés par la fuchsine acide que les mitochondries granuleuses de la même variété et que les chondriocontes de la variété incolore. L'hématoxyline ferrique les colore également plus faiblement que les mitochondries granuleuses (Pl. 18, fig. 1 à 7). Ils présentent toujours sur leur trajet un certain nombre de petits globules graisseux qui se détachent très nettement en brun foncé dans la substance mitochondriale colorée en rouge. Ces globules graisseux augmentent de nombre au fur et à mesure que les cellules vieillissent. Dans certaines espèces, les chondriocontes, vers la fin de leur évolution, s'épaississent beaucoup, puis prennent la forme d'haltères dont deux renflements finissent par se séparer sous forme d'assez gros corpuscules arrondis complètement remplis de globules graisseux (Pl. 18, fig. 8 à 11).

Les phases de dégénérescence cellulaire nous ont permis également d'obtenir des figures très nettes, tout à fait superposables à celles que nous avons obtenues sur le vivant (Pl. 18, fig. 13 à 17).

Il en est de même pour les phénomènes d'altération du chondriome sous l'influence des milieux hypotoniques : en les examinant ensuite sur coupes fixées et incolores, il nous a été possible de contrôler tous les phénomènes d'altération du chondriome constatés sur le vivant, dont nous reproduirons quelques figures (Pl. 18). En plaçant des fragments d'épiderme de pétales pendant quelques heures dans l'eau, puis en les fixant, nous avons constaté, sur coupes colorées, que le chondriome présentait les altérations observées sur le vivant : les chondriocontes étaient transformés en grosses vésicules à parois minces, pressées les unes contre les autres et simulant une structure alvéolaire ; de plus petites vésicules résultant de la transformation des mitochondries granuleuses se trouvaient entremêlées aux grosses vésicules (Pl. 17, fig. 18). Lorsque les cellules épidermiques n'ont subi qu'un court séjour dans l'eau, le chondriome est beaucoup moins altéré : les mitochondries granuleuses sont en général intactes et les chondriocontes présentent sur leur trajet de petites vésicules (Pl. 17, fig. 15 à 17). Ces figures de chondriocontes vésiculeux ressemblent, à s'y méprendre, aux figures de chondriocontes en voie d'élaborer des grains d'amidon (1). On sait que ceux-ci présentent aussi sur leur trajet de petites vésicules déterminées par la présence en leur sein de petits grains d'amidon que les méthodes mitochondriales ne colorent pas et qui offrent l'aspect de petites vacuoles (Comparez la fig. 6, pl. 17 avec les fig. 15 à 17, pl. 17).

---

1) Il faut donc se méfier dans l'interprétation de ces figures qui peuvent très bien provenir d'altérations dues à la fixation et l'on ne sera autorisé à les considérer comme en relation avec une élaboration que lorsqu'on aura pu trouver un moyen de mettre en évidence, par un réactif approprié, le produit qui apparaît sous forme de vacuoles. C'est ce que nous avons réalisé pour les grains d'amidon. Il est fort possible que des figures d'altération de chondriocontes aient été souvent interprétées comme des figures d'élaboration dans la cellule animale.

## FLEUR D'*IRIS GERMANICA*

En examinant par hasard sur le vivant les cellules épidermiques des diverses pièces de la fleur d'*Iris germanica*, nous avons été frappé par la facilité avec laquelle on peut y observer le chondriome. C'est précisément cette observation qui nous a donné l'idée de rechercher le chondriome dans d'autres fleurs et d'entreprendre une étude vitale de leurs cellules épidermiques. Les cellules sont énormes et offrent un cytoplasme très transparent qui laisse admirablement distinguer le noyau et le chondriome, presque aussi bien que sur une préparation colorée. La fleur d'*Iris germanica* constitue donc, avec la fleur de Tulipe que nous venons de décrire, un des plus précieux objets pour l'étude des mitochondries. Elle n'a cependant jamais été l'objet d'aucune étude jusqu'ici : W. Schimper et Meyer se sont bornés à observer les leucoplastes du rhizome.

Rappelons d'abord que la fleur d'*Iris germanica* renferme des pigments de deux catégories : 1° un pigment xanthophyllien jaune, localisé dans les cellules épidermiques de la face interne de l'onglet et de la base des sépales et des pétales, ainsi que dans les poils qui occupent la base de la face interne des sépales ; 2° deux pigments anthocyaniques, l'un d'un violet bleuâtre localisé dans la plupart des cellules épidermiques des faces internes et externes des sépales et des pétales, l'autre d'un violet plus rougeâtre se trouve exclusivement réparti dans certaines cellules épidermiques de la face interne de l'onglet et de la partie inférieure des sépales et des pétales qui constituent les veinules brun-rougeâtre qui ornent ces régions de la fleur.

### A) STRUCTURE DES CELLULES ÉPIDERMIQUES DES DIVERS ORGANES D'UNE JEUNE FLEUR

Si l'on observe un bourgeon floral extrêmement jeune, n'ayant encore que quelques millimètres de longueur et encore complètement incolore, on constate que les cellules épidermiques des diverses pièces (sépales, pétales, stigmates, étamines) offrent toutes une structure semblable. Ce sont des petites cellules possédant un gros noyau qui en occupe le centre ; celui-ci montre facilement sa structure, avec un ou plusieurs nucléoles, et un contenu d'apparence finement granuleuse déterminée par un réseau chromatique très serré, structure qu'il conserve pendant la durée du développement. Le cytoplasme renferme un grand nombre de petites vacuoles arrondies ou ovales dont le contenu offre généralement de petits granules très réfringents animés de mouvements browniens.

Si l'on place ces cellules dans une solution très diluée de rouge neutre ou de bleu de Nil, on constate que les vacuoles se colorent d'une manière diffuse, tandis que les granules contenus à leur intérieur se colorent d'une manière intense. Ces granules se colorent également par le bleu de méthylène et la plupart des colorants vitaux; ils noircissent par l'acide osmique et par les sels ferriques, jaunissent par le bichromate de K. Ils possèdent donc les propriétés des composés phénoliques que nous avons déjà observés dans les variétés blanches de Tulipe et représentent une substance destinée à se transformer en pigments anthocyaniques. Fréquemment on rencontre, en outre, dans l'une des vacuoles, un seul ou un petit nombre d'assez gros globules réfringents de même nature qui correspondent aux cyanoplastes décrits par Politis dans les épidermes de diverses fleurs. Nous reparlerons plus loin de ces corpuscules.

Le cytoplasme très abondant présente un aspect homogène et hyalin : il renferme un assez grand nombre de petits globules graisseux, plus petits et plus réfringents que les mitochondries granuleuses, analogues à ceux que nous avons décrits dans les cellules épidermiques de la fleur de Tulipe. Quant au chondriome, il n'est pas toujours très distinct dans les cellules les plus jeunes comme celles qui occupent les parties marginales des sépales et des pétales, sans doute par suite de la densité du cytoplasme. Il semble constitué par de petits bâtonnets et des mitochondries granuleuses; les chondriocontes allongés paraissent rares. Ces éléments sont répartis dans tout le cytoplasme et, de préférence, autour du noyau (Pl. 20, fig. 1).

Dans les cellules parvenues à un développement un peu plus avancé, le chondriome devient beaucoup plus apparent. Il se montre alors constitué par des mitochondries granuleuses ou en courts bâtonnets et par un grand nombre de chondriocontes minces, allongés et onduleux. Il semble donc que, comme dans la fleur de Tulipe, le chondriome soit d'abord formé par des mitochondries granuleuses ou en courts bâtonnets et que les chondriocontes se développent ensuite à partir d'un certain nombre de ces éléments dont ils ne sont que des formes de croissance (Pl. 20, fig. 3 à 5).

Dès ce moment, on observe dans l'épiderme de toutes les pièces florales un phénomène très curieux : la production au sein des chondriocontes d'un grand nombre de petits globules de nature graisseuse. Les chondriocontes se remplissent, sur toute leur longueur, d'une infinité de petits granules réfringents qui noircissent par l'acide osmique et qui, par leur réfringence, rendent les chondriocontes beaucoup plus distincts. Ces inclusions graisseuses, en s'accumulant dans les chondriocontes, déterminent un certain épaississement de ces éléments ; souvent elles s'accumulent sur certaines régions de leur trajet qui se renflent et les chondriocontes prennent ainsi un aspect plus ou moins moniliforme. Les mitochondries granuleuses ou en courts bâtonnets au contraire restent dépourvues de toute inclusion graisseuse.

On voit donc, à partir de ce moment, se différencier dans les cellules deux catégories de mitochondries : les unes conservent la forme primitive de mitochondries granuleuses, les autres ont pris la forme de chondriocontes et élaborent de nombreux globules graisseux. Les premières représentent les mitochondries végétatives qui n'auront pas de rôle apparent dans les élaborations de la cellule ; les secondes au contraire sont les mitochondries élaboratrices, elles représentent dès ce moment des mitochondries différenciées, de jeunes plastides destinés à se transformer en amyloplastes ou en chromoplastes et à élaborer des graisses, de l'amidon et des pigments.

La transparence des cellules est telle qu'elle permet, dans bien des cas, d'apercevoir divers stades de la karyokinèse qui est fréquente à ce stade. On y observe surtout des figures de la plaque équatoriale, d'anaphase et de télophase, décelables par la présence du fuseau achromatique et de la plaque cellulaire ; les chromosomes sont parfois même visibles. Ces figures permettent d'observer l'allure du chondriome pendant la division cellulaire, entre autre sa répartition entre les deux cellules-filles.

A partir de ce moment, les chondriocontes évolueront de manières diverses selon l'organe auquel on s'adresse. Nous étudierons donc séparément cette évolution dans les cellules épidermiques des sépales, des pétales, des stigmates et des étamines.

### B) Evolution du chondriome dans les cellules épidermiques des sépales, pétales, stigmates et étamines

1° *Formation des chromoplastes*. — Examinons d'abord l'épiderme interne de l'onglet et de la partie inférieure d'un sépale ou d'un pétale qui sont le siège d'une production de xanthophylle. Dans une fleur encore très petite, un peu avant la pigmentation, les cellules présentent la structure que nous venons de décrire. Leur chondriome est constitué par des mitochondries granuleuses ou en courts bâtonnets et surtout par un très grand nombre de chondriocontes : ceux-ci se présentent sous forme de longs filaments onduleux, assez épais ; très souvent, ils possèdent des ramifications latérales qui leur donnent des formes en T ou en V qui rappellent les bactéroïdes des Légumineuses. Ils sont remplis sur toute leur longueur de petits globules graisseux et présentent souvent le long de leur trajet des renflements déterminés par une accumulation de globules graisseux.

A un stade ultérieur, la fleur commence à se pigmenter par la production simultanée d'anthocyane et de xanthophylle. Nous laisserons de côté l'étude du mode de formation de l'anthocyane qui résulte de la transformation des composés phénoliques formés de très bonne heure et dont nous avons déjà mentionné la présence dans les vacuoles, et surtout, d'une production directe et intense à ce stade d'anthocyane par un processus qui paraît analogue à celui que nous avons décrit dans les feuilles de Rosier. Nous nous bornerons donc exclusivement à suivre l'origine du pigment xanthophyllien.

A ce stade, les chondriocontes sont surtout groupés autour du noyau qu'ils recouvrent d'une sorte de buisson épais et élaborent de petits grains d'amidon. On peut suivre avec la plus grande précision sur les préparations vivantes tous les stades de la formation de cet amidon. (Pl. 21, fig. 5 et 6). On voit naître sur le trajet des chondriocontes de petits grains brillants qui représentent l'amidon et que l'on peut colorer facilement à l'aide de l'iodo-iodure de potassium sans altérer le chondriome. Les préparations ne sont très nettes cependant que pendant quelques minutes ; au bout d'un certain temps, le cytoplasme se coagule et se surcolore, ce qui gêne l'observation du chondriome. Il faut donc les examiner immédiatement. Les grains d'amidon apparaissent colorés en brun acajou foncé, tantôt sur les deux extrémités, tantôt sur l'une des deux extrémités des chondriocontes, parfois aussi dans la région médiane ou sur plusieurs points du trajet des chondriocontes ou parfois même à l'extrémité de rameaux latéraux des chondriocontes. Ils sont simples ou plus souvent composés. Ces grains ne grossissent jamais beaucoup. En même temps que cet amidon apparait, les chondriocontes s'imprègnent de xanthophylle : ils prennent une teinte jaune pâle diffuse qui s'accentue peu à peu (Pl. 21, fig. 13).

Il est facile de suivre la destinée de ces éléments qui, peu à peu, se transforment en gros chromoplastes. Pendant la croissance des grains d'amidon formés à leur intérieur, on constate qu'ils diminuent un peu de longueur. Peu de temps après être arrivés à leur maturité, les grains d'amidon présentent des signes de résorption, ils se rapetissent et prennent des aspects anguleux. A ce moment, qui correspond à une phase bien antérieure à l'ouverture de la fleur, les chondriocontes s'allongent et épaississent, tandis que leurs inclusions graisseuses se résorbent graduellement (Pl. 21, fig. 14). Il y a donc une diminution des graisses qui coïncide avec la résorption de l'amidon. En même temps, on voit naître sur le trajet des chondriocontes de petits renflements qui peuvent être considérés comme l'origine des chromoplastes. Parfois il se forme un seul renflement au milieu ou à l'une des extrémités des chondriocontes, le plus souvent il s'en produit deux, un à chacune des extrémités du chondrioconte. Enfin, dans quelques cas, un même chondrioconte peut former, à lui seul, trois ou quatre renflements le long de son trajet. Souvent ces renflements occupent sur le chondrioconte les places qui renfermaient les grains d'amidon.

Pendant que ces phénomènes se produisent, l'amidon se résorbe peu à peu et vers la fin de sa résorption, qui correspond aux stades précédant l'ouverture de la fleur, on constate un gonflement des renflements formés sur le trajet des chondriocontes : ceux-ci se gonflent par suite de la formation en leur sein d'une grosse vacuole remplie d'un liquide aqueux dans lequel on voit s'agiter souvent, par mouvements browniens, un ou plusieurs petits globules graisseux. Les chondriocontes prennent donc un aspect vésiculeux tout à fait semblable à celui que l'on peut déterminer sur un chondrioconte quelconque par l'action d'un liquide hypotonique. Il s'agit d'une altération du chondrioconte qui semble en relation avec la résorption des grains d'amidon, et nous verrons que dans beaucoup d'autres cellules la résorption de l'amidon dans un chondrioconte provoque toujours la production, au sein de ce chondrioconte, de petites vacuoles qui coïncident généralement avec l'emplacement qu'occupait cet amidon sur le chondrioconte.

A ce moment, les chondriocontes munis de renflements vésiculeux ne renferment presque plus aucune trace de graisse : c'est à peine si l'on observe sur leur trajet ou dans le liquide des vésicules un ou deux petits globules graisseux. Les renflements vésiculeux paraissaient grossir par augmentation de leur substance, en même temps que par le gonflement de leur vacuole. Les renflements formés sur un même chondrioconte tendent alors à se séparer par rupture des parties effilées qui les réunissent. Ils apparaissent alors comme de gros chromoplastes vésiculeux, le plus souvent encore munis d'appendices, restes du chondrioconte générateur, qui leur donne l'aspect de têtards ou de fuseaux ; d'autres fois ces appendices disparaissent, mais les chromoplastes conservent néanmoins un aspect anguleux ou une forme ovale ; il est très rare qu'ils deviennent complètement arrondis. (Pl. 22, fig. 1 et 2).

Dans les stades qui précèdent immédiatement l'épanouissement de la fleur et dans la fleur complètement épanouie, les cellules épidermiques des portions des sépales dont nous venons de suivre le développement se présentent sous forme de très grosses cellules, allongées, pourvues d'un gros noyau occupant l'un des côtés de la cellule, et d'une énorme vacuole : celle-ci résulte du gonflement et du fusionnement des petites vacuoles des cellules jeunes. Cette vacuole, occupant presque tout le volume de la cellule, renferme le pigment anthocyanique qui, selon les cas et selon sa teneur dans la vacuole, se présente sous des aspects variables : tantôt il est à l'état de solution très épaisse qui donne à la vacuole une teinte violacée diffuse, tantôt il apparaît en partie sous forme figurée dans la vacuole qui, au milieu de son contenu violet diffus, offre un seul ou un plus ou moins grand nombre de corpuscules anthocyaniques arrondis, de dimensions très variables, correspondant aux cyanoplastes de Politis ou un précipité finement granuleux. Enfin, dans certaines régions qui renferment très peu d'anthocyane, ce pigment existe seulement dans la vacuole sous forme d'un unique corpuscule très volumineux. Certaines cellules enfin sont dépourvues d'anthocyane et ne renferment que des composés phénoliques incolores en partie dissous dans la vacuole, en partie condensés en un gros corpuscule (cyanoplaste décrit par Politis).

Sans vouloir nous occuper pour le moment de la question de l'anthocyane, nous ferons remarquer cependant que les cyanoplastes de Politis ne représentent pas comme le pense cet auteur (et comme nous l'avions admis nous-même) des plastes formateurs d'anthocyane ; ils sont toujours localisés dans la vacuole et se forment au sein de cette vacuole par une sorte de condensation de l'anthocyane dissoute dans le suc vacuolaire. Certains y persistent jusqu'aux dernières phases de la dégénérescence cellulaire, d'autres se dissolvent à certains stades. L'action des colorants vitaux peut déterminer leur formation là où ils n'existent pas. Les composés phénoliques incolores qui se rencontrent souvent dans les cellules très jeunes sous forme de corpuscules réfringents, de même que les corpuscules anthocyaniques et les précipités granuleux que nous venons de mentionner représentent donc simplement des condensations transitoires des composés phénoliques ou de l'anthocyane dissous dans le suc vacuolaire.

Le cytoplasme se trouve réduit à une couche pariétale entourant la vacuole et réunie au noyau par un plus ou moins grand nombre de minces trabécules. Il se présente, comme ailleurs, sous forme d'une substance très hyaline et d'aspect homogène. Il renferme de nombreux globules graisseux, très petits. Le chondriome est surtout abondant au voisinage de la face interne de la cellule ; il apparaît constitué par un assez grand nombre de mitochondries granuleuses ou en courts bâtonnets et parfois par des chondriocontes plus allongés résultant de la croissance des premières pendant le développement de la cellule, qui constituent les mitochondries végétatives, et enfin par de très nombreux éléments chargés de pigments dont nous avons suivi l'origine. Ces éléments qui résultent de la production de renflements sur le trajet des chondriocontes peuvent être considérés comme des plastes incomplètement formés. Ils présentent des aspects très variables : parfois ce sont de simples chondriocontes, un peu plus épais que les chondriocontes ordinaires, allongés et onduleux, ou de courts bâtonnets résultant de la division transversale de chondriocontes plus longs. D'autres fois, ce sont des chondriocontes allongés et moniliformes, pourvus sur leur trajet de plusieurs renflements vésiculeux, ou des chondriocontes en forme d'haltères, qui représentent des chromoplastes imparfaitement développés et restés fixés sur le chondrioconte qui les a formés. Le plus souvent, ce sont de grosses vésicules de formes anguleuses ou ovales, rarement arrondies, conservant souvent des appendices effilés, reste du chondrioconte générateur, qui leur donnent des formes de têtards, de spermatozoïdes, de fuseaux, etc. Quelques-uns de ces chromoplastes rappellent, par leur forme anguleuse, des cristalloïdes, mais leur examen en lumière polarisée ne révèle aucun indice de biréfringence et montre qu'ils n'ont rien de cristallin. Ces vésicules sont formées d'une paroi mince et dense, sauf à l'un des pôles où elle s'épaissit : dans cette paroi se trouve le pigment qui apparaît le plus souvent sous forme diffuse, parfois finement granuleuse ; le centre de la vésicule est occupé par un liquide incolore renfermant parfois un ou plusieurs petits globules graisseux.

Par leur forme et leur structure, paroi épaissie à l'un des pôles, et vacuole centrale, ces chromoplastes rappellent beaucoup les cellules de certains microorganismes, notamment des Levures. La présence de cette vacuole formée au moment de la résorption de l'amidon nous paraît correspondre à un début de dégénérescence (Pl. 22, fig. 1 et 2). Des plastes vésiculeux ont été déjà signalés par Zimmermann et Sapochnikoff.

La formation des chromoplastes dans les poils qui se trouvent à la base des sépales est également très intéressante et très facile à suivre. Ces poils résultent de la prolifération de certaines cellules de l'épiderme interne de la base des sépales. Ils apparaissent d'abord comme des proéminences de l'épiderme constituées par un petit nombre de cellules : ces cellules se multiplient activement et les poils grossissent et prennent la forme de massues, constituées par une extrémité supérieure renflée, assez épaisse, et un pédicelle allongé et plus mince.

Dans les stades très jeunes, les cellules sont petites. Elles offrent un gros noyau central qui est souvent en voie de division et permet de suivre sur le vivant, avec beaucoup de netteté, les diverses phases de sa mitose (fig. 6, et Pl. 22, fig. 16). Le cytoplasme est parsemé de petites vacuoles remplies d'un composé phénolique incolore très dense qui se transforme plus tard en pigment anthocyanique. Le cytoplasme renferme de petits globules graisseux et un chondriome constitué par des mitochondries granuleuses ou en courts bâtonnets et par un grand nombre de chondriocontes très minces, allongés et onduleux. Ces chondriocontes, d'abord dépourvus de graisse, se remplissent de petits globules graisseux qui apparaissent peu à peu sur tout leur trajet. Au fur et à mesure que les cellules se développent dans la partie renflée du poil, ils épaississent légèrement et se remplissent d'un pigment xantophyllien, puis forment sur leur trajet de petits renflements : chaque chondrioconte peut

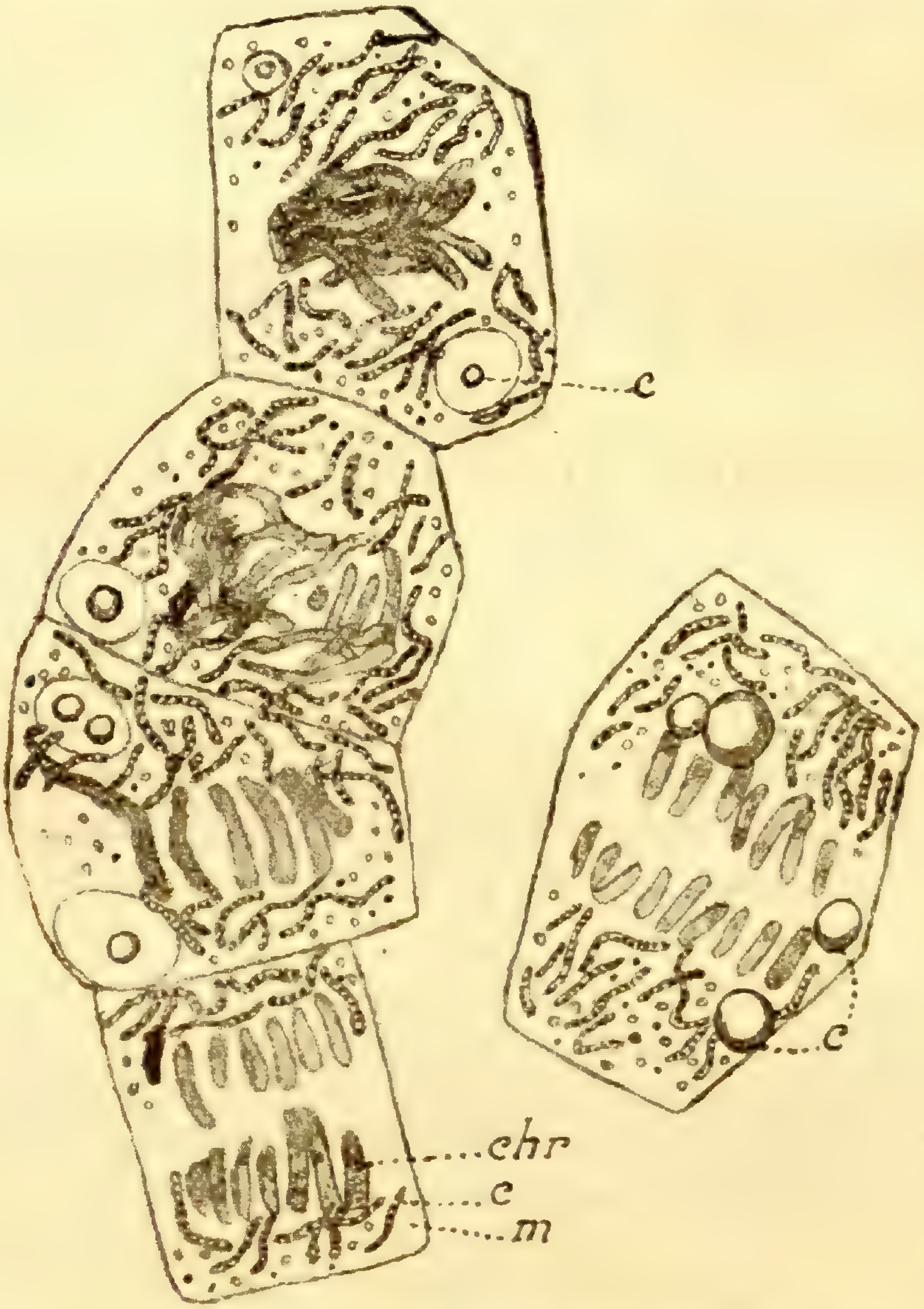


Fig. 6. — Cellules d'un très jeune poil de sépale d'*Iris germanica*, observées sur le vivant et montrant à la fois leur chondriome et la division karyokinétique. *c'*, cyanoplaste ; *chr.*, chromosomes ; *c.*, chondriocontes remplis de globules graisseux ; *m.*, mitochondries granuleuses (grossissement 1500).

former seulement un seul renflement à l'une de ses extrémités ou en son milieu et prendre l'aspect d'un têtard ou d'un fuseau, mais, le plus souvent, il se produit un renflement aux deux extrémités du chondrioconte qui se transforme ainsi en haltère. Dans quelques cas même, un seul chondrioconte peut former un certain nombre de renflements disposés sur sa longueur (Pl. 22, fig. 13). Ces renflements sont remplis d'inclusions graisseuses.

A un stade ultérieur, un peu avant l'épanouissement de la fleur, les parties effilées, qui réunissent ces renflements, se résorbent lentement et mettent en liberté les renflements qui apparaissent comme des chromoplastes assez gros, de formes arrondies, ovales ou angulaires. Ces éléments sont en général pleins et n'offrent pas de vacuoles à leur intérieur, sauf dans les phases de dégénérescence. Ils restent, en outre, jusqu'à la fin de la vie de la fleur, remplis d'une infinité de globules graisseux. Ici on voit donc que l'évolution des chondriocontes est un peu différente de celle que nous avons décrite dans l'épiderme des sépales. Les chondriocontes ne forment pas d'amidon, ils s'imprègnent de graisse, puis de pigment xanthophyllien. Enfin, ils se transforment en gros chromoplastes arrondis, ne conservant généralement pas de trace des parties effilées des chondriocontes dont ils dérivent. Ils aboutissent donc à la formation de chromoplastes complètement développés. En outre, ils conservent leur graisse pendant toute la durée du développement.

Dans les cellules adultes, le pigment anthocyanique dissout dans l'unique vacuole provenant de la fusion de petites vacuoles primitives se précipite généralement sous forme d'un gros corpuscule (cyanoplaste de Politis).

2° *Formation de leucoplastes inactifs et d'amyloplastes.* — Dans toutes les autres régions de l'épiderme des sépales et des pétales, les éléments du chondriome subissent une évolution semblable, mais ils n'élaborent pas de xanthophylle. Dans les cellules jeunes, le chondriome est constitué à la fois par des mitochondries granuleuses ou en courts bâtonnets et par de nombreux chondriocontes allongés, onduleux, parfois ramifiés. Ces chondriocontes se remplissent très vite de petites inclusions graisseuses. A un stade ultérieur, ils forment sur leur trajet, soit à l'une des extrémités, soit aux deux extrémités, soit au milieu, de petits grains d'amidon simples ou plus souvent composés (Pl. 20, fig. 7 à 12) : ceux-ci grossissent peu à peu, tandis que les chondriocontes se raccourcissent, puis, après avoir acquis une certaine dimension, ils commencent à se résorber pendant que les chondriocontes qui les portent s'allongent et perdent leurs globules graisseux. Cette résorption de l'amidon s'effectue un peu moins précocement que dans les cellules à pigment xanthophyllien et s'achève seulement dans les stades qui précèdent immédiatement l'ouverture de la fleur (Pl. 21, fig. 7). A ce moment, les chondriocontes ayant perdu presque tous leurs globules graisseux, s'épaississent, puis forment sur leur trajet des renflements, d'abord petits, qui peu à peu grossissent par suite de la formation, en leur sein, d'une grosse vacuole. Ces renflements peuvent ensuite se séparer des parties effilées des chondriocontes, mais ils conservent presque toujours des parties effilées, reste des chondriocontes. Dans la fleur épanouie, ils offrent exactement les mêmes formes que les chromoplastes que nous venons de décrire avec cette différence qu'ils sont dépourvus de pigment (Pl. 21, fig. 9). Il se forme donc, dans les parties de l'épiderme dépourvues de pigments xanthophylliens, des plastes absolument analogues aux chromoplastes des parties colorées, mais qui ne paraissent avoir aucun rôle déterminé et que l'on peut désigner avec W. *Schimper sous le nom de leucoplastes* inactifs.

Dans les pédicelles des poils des sépales, qui ne renferment pas de xanthophylle, on observe également la production de leucoplastes qui naissent exactement par le même processus que les chromoplastes des parties renflées des mêmes organes. Ces éléments se présentent sous forme d'assez gros corpuscules arrondis ou de formes ovales, sans vacuole, et remplis de petits globules graisseux comme les chromoplastes des cellules pigmentées de la région supérieure.

Dans les cellules épidermiques des stigmates, au contraire, l'évolution du chondriome est toute autre. On observe au début de petites cellules, pourvues d'un gros noyau central, avec un cytoplasme parsemé de petites vacuoles renfermant des composés phénoliques incolores, dissous ou précipités. Le chondriome revêt le même aspect que dans les cellules épidermiques des autres organes (Pl. 22, fig. 3 à 5). Il est formé par des mitochondries granuleuses ou en courts bâtonnets et par de nombreux chondriocontes allongés, onduleux, parfois ramifiés, qui se remplissent de petites inclusions graisseuses. A un stade très précoce, ces éléments élaborent sur un ou plusieurs points de leur trajet de petits grains d'amidon simples ou composés, puis ils se raccourcissent au fur et à mesure que cet amidon grossit (Pl. 22, fig. 6). Lorsque les grains d'amidon ont acquis leur dimension définitive, ils ne tardent pas à se résorber, et cela bien avant l'ouverture de la fleur. Au moment où commence cette résorption, on constate une modification de forme des chondriocontes, ceux-ci prennent un aspect très allongé et très délié, en même temps on constate la résorption de la plus grande partie de leurs globules graisseux (Pl. 22, fig. 7 et 8). A la fin de la résorption de l'amidon, c'est-à-dire dans les stades qui précèdent l'épanouissement de la fleur, on observe la formation, sur le trajet des chondriocontes et vers l'emplacement qu'occupaient les grains d'amidon, de grosses vésicules remplies d'un liquide aqueux avec un ou plusieurs globules graisseux (Pl. 22, fig. 9 et 10). Dans quelques cas, les chondriocontes étant très courts, ils se transforment intégralement en une vésicule de forme ovale. Souvent en même temps, on voit apparaître sur le trajet des chondriocontes, entre les vésicules, un ou deux renflements qui se remplissent de petits globules graisseux. C'est sous cette forme que se présentent les chondriocontes dans la fleur ouverte. Les cellules sont alors très grosses, allongées et renferment une énorme vacuole remplie d'un contenu anthocyanique dissous dans le suc vacuolaire, de couleur diffuse avec, ordinairement, un gros corpuscule plus coloré correspondant au cyanoplaste de Politis. Les cellules des parties basales ne renferment pas d'anthocyane, mais offrent néanmoins un corpuscule analogue, mais incolore, qui présente les caractères des composés phénoliques. Le cytoplasme, qui est formé par une couche pariétale entourant cette vacuole et reliée au noyau par de minces trabécules, montre un chondriome formé par des mitochondries granuleuses ou en courts bâtonnets et par des chondriocontes. Ceux-ci apparaissent comme des filaments très minces, très allongés, onduleux et très souvent ramifiés (Pl. 22, fig. 11 et 15). Ils se remplissent peu à peu de globules graisseux sur tout leur trajet et présentent des signes très nets d'altération : les vésicules qu'ils présentent sur leur trajet se gonflent de plus en plus. Ces éléments n'ont, à ce moment, plus aucun rôle et sont destinés à une dégénérescence rapide. Ici il ne se forme donc pas à proprement parler de leucoplastes : les chondriocontes, après avoir élaboré de la graisse et de l'amidon, conservent leur forme de chondriocontes et les vésicules qu'ils forment sur leur trajet peuvent être considérées comme dues à la dégénérescence de ces éléments.

L'épiderme du filet de l'étamine et de l'anthère montre des phénomènes de même ordre. Dès les stades les plus précoces du développement, les cellules de cet épiderme renferment, comme partout, un chondriome constitué par des mitochondries granuleuses ou en courts bâtonnets, et par de longs chondriocontes qui se remplissent de petits globules graisseux et élaborent de l'amidon (Pl. 23, fig. 1 à 4). Ces cellules grossissent très vite et ont une évolution beaucoup plus rapide que dans les autres organes. Elles parviennent à leur complet développement bien avant l'ouverture de la fleur. Parvenues à ce stade, ces cellules offrent un des plus beaux exemples pour l'étude vitale de la formation de l'amidon au sein des chondriocontes.

Ce sont de grosses cellules allongées, pourvues d'un gros noyau situé sur le côté et d'une énorme vacuole : celle-ci, dans l'épiderme du filet, renferme un gros corpuscule incolore, très réfringent, de nature phénolique, qui correspond au cyanoplaste de Politis. Dans l'épiderme de l'anthère, ce corpuscule est remplacé par un corpuscule anthocyanique violet pâle. Le cytoplasme est constitué comme dans les autres cellules par une couche pariétale entourant la vacuole et reliée au noyau par de minces trabécules. Il renferme, en dehors d'assez nombreuses gouttelettes graisseuses, un chondriome admirablement net.

Celui-ci est constitué par des mitochondries granuleuses ou de courts bâtonnets et surtout par un grand nombre de chondriocontes minces, allongés, onduleux, parfois ramifiés, remplis sur tout leur trajet de petits globules graisseux. Ces éléments élaborent, soit à l'une de leurs extrémités, soit aux deux extrémités, soit au milieu, de petits grains simples ou composés que l'on peut facilement colorer par l'iodo-iodure. Ces grains d'amidon ne se forment pas en même temps dans toutes les cellules, de telle sorte qu'on peut trouver dans la préparation vitale d'un fragment d'épiderme tous les divers stades de la formation de l'amidon. On y observe, comme dans la figure 7 que nous représentons ici, des cellules où les chondriocontes ne sont pas encore entrés en activité et ne renferment pas d'amidon ;

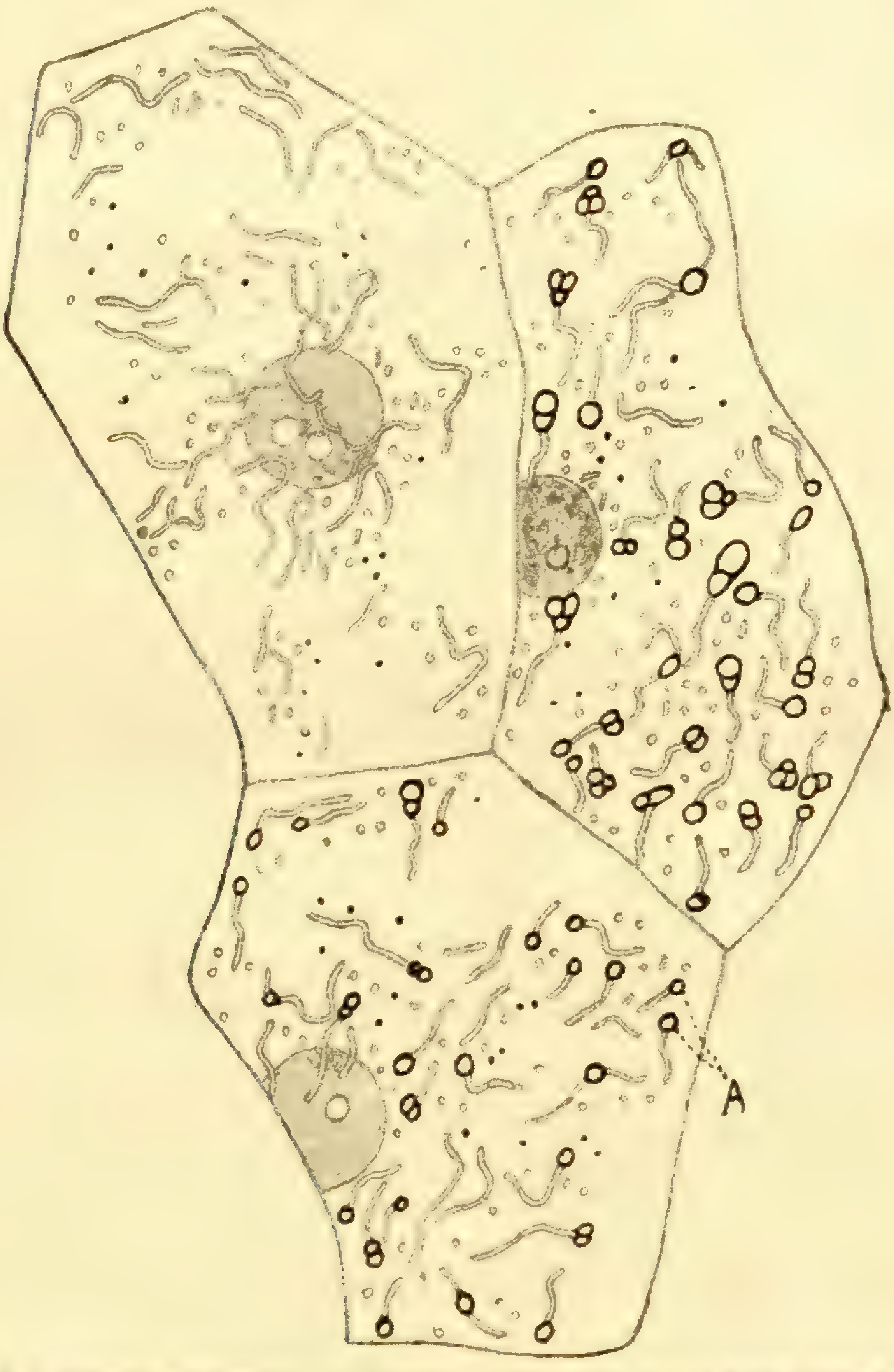


Fig. 7. — Portion de l'épiderme de l'anthère d'une tres jeune fleur d'*Iris germanica*, montrant tous les stades de l'élaboration de l'amidon *(A)*. Les petites inclusions graisseuses n'ont pas été représentées. Dessiné sur le vivant à un grossissement de 1500).

d'autres où les grains d'amidon (A) sont encore tout petits et en voie de formation, et d'autres où ils ont achevé leur croissance. Les grains d'amidon arrivent très vite à leur maturité et se résorbent à un stade très précoce du développement de la fleur. Ils semblent donc émigrer, à l'état de glucose, dans les cellules profondes de l'anthère et contribuer à l'alimentation des grains de pollen.

Pendant toute la durée de la formation et de la résorption des grains d'amidon, on ne constate aucune variation dans le nombre des globules graisseux contenus dans les chondriocontes. Ceux-ci persistent pendant toute la durée de la vie des cellules. La résorption de l'amidon est aussitôt suivie de la dégénérescence du chondriome et des cellules qui commence bien avant l'ouverture de la fleur. Ici, comme dans les stigmates, il n'y a donc pas de plastes différenciés, mais de simples chondriocontes qui élaborent de l'amidon.

3° *Formation d'amyloplastes et de chloroplastes dans les cellules parenchymateuses.* — Le mésophylle des divers organes de la fleur se prête beaucoup moins à l'étude de l'évolution du chondriome. Cependant on arrive à y observer, soit par transparence au-dessous de l'épiderme, soit en pratiquant des coupes à la main, la formation des plastides.

Dans les sépales et les pétales, on observe, au-dessous de l'épiderme interne, plusieurs assises cellulaires qui n'offrent pas de chlorophylle et renferment des amyloplastes dérivés de chondriocontes. Ces éléments résultent de renflements produits sur le trajet de chondriocontes remplis de globules graisseux. Ces renflements élaborent d'assez gros grains d'amidon : un peu avant l'achèvement de la croissance de ces grains, ils se séparent par résorption des parties effilées qui les réunissent et prennent l'aspect de corpuscules arrondis, à contenu rempli de gouttelettes graisseuses et qui renferment, en un point voisin de leur périphérie, un assez gros grain d'amidon composé (Pl. 33, fig. 6). Au bout d'un certain temps et bien avant l'épanouissement de la fleur, cet amidon se résorbe en même temps que les globules graisseux, puis les amyloplastes apparaissent comme de gros corpuscules arrondis. En dehors de ces amyloplastes, on observe, comme partout ailleurs, d'assez nombreuses mitochondries granuleuses qui persistent à cet état pendant toute la durée de vie de la cellule.

Dans les autres parties du mésophylle, on observe la formation, par le même processus, de gros chloroplastes. On constate d'abord des chondriocontes qui se remplissent de petits globules graisseux, puis s'imprègnent de très bonne heure de chlorophylle. Ces éléments forment, à leurs extrémités, des renflements qui élaborent des grains d'amidon composés et se séparent, par résorption de la partie effilée qui les réunit, pendant la croissance des grains d'amidon. Un peu plus tard, les grains d'amidon et les globules graisseux se résorbent, puis les chloroplastes grossissent et prennent la forme de gros corpuscules verts.

Quant aux cellules du mésophylle des stigmates et de l'étamine, elles renferment un chondriome analogue à celui des cellules épidermiques de ces mêmes organes et qui subit un développement semblable avec cette différence que les chondriocontes y prennent des formes plus épaisses (Pl. 23, fig. 7).

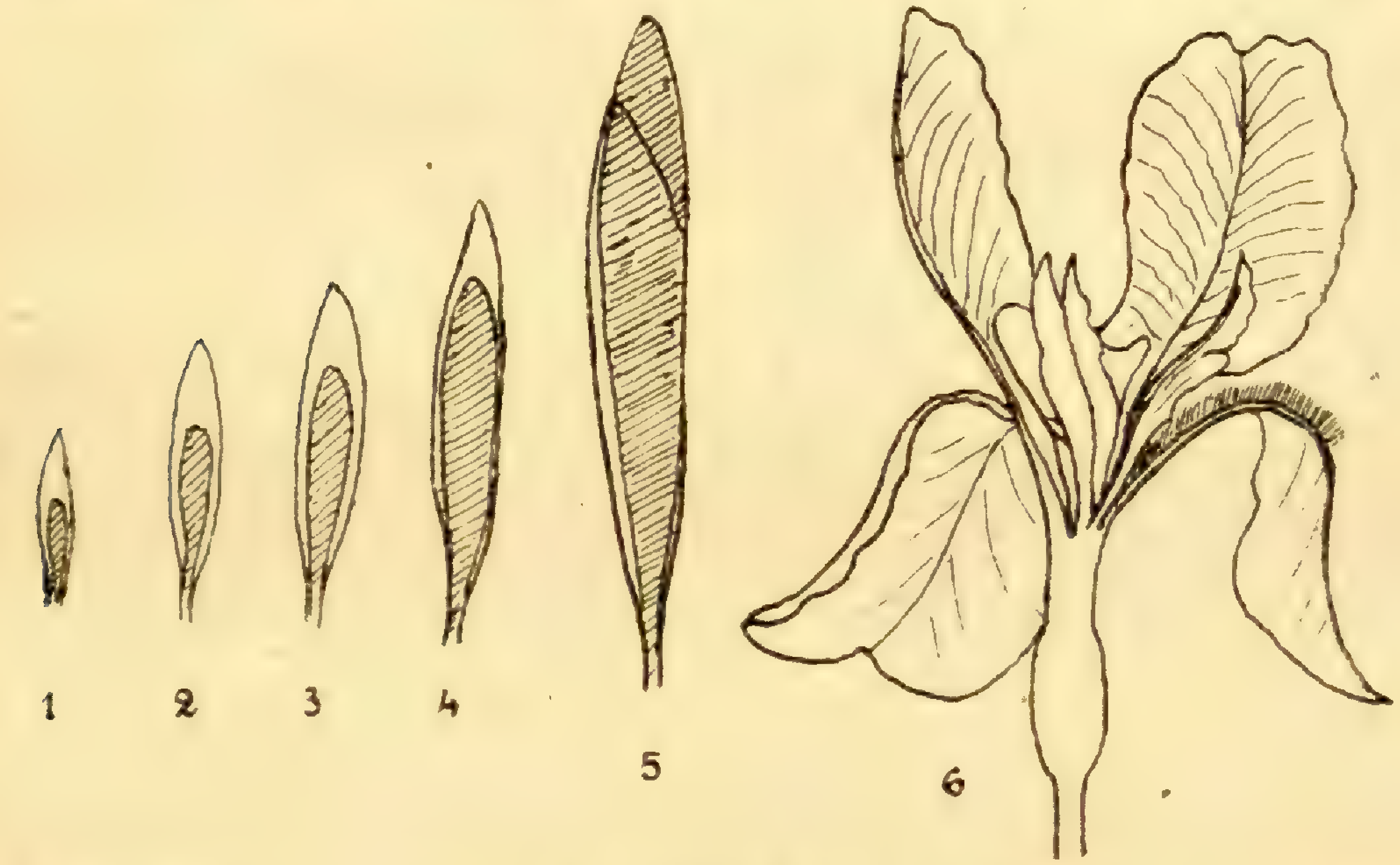


Fig. 8. — Schéma représentant les divers stades du développement de la fleur d'*Iris germanica*. Les figures 1 à 6 correspondent aux stades I, II, III, IV, V et VI du tableau.

On voit donc que l'évolution du chondriome est très compliquée et très polymorphe dans les cellules des diverses parties de la fleur : elle varie d'un tissu à l'autre et peut, parfois même, différer entre les cellules d'un même tissu. Aussi, pour résumer nos observations, croyons-nous utile de donner, pages 488 et 489, un tableau résumant cette évolution dans les divers tissus des pièces de la fleur, aux différents stades, accompagné d'un schéma (fig. 8) indiquant la dimension de la fleur correspondant à ces stades.

### C) EVOLUTION DU CHONDRIOME DANS LES BRACTÉES ET LES FEUILLES

Les résultats que nous avons obtenus par l'étude vitale du chondriome des diverses pièces de la fleur, nous ont engagé à entreprendre également celle du chondriome des feuilles et des bractées membraneuses qui recouvrent les fleurs avant leur épanouissement.

Il est facile d'observer les cellules épidermiques des bractées en étalant sur une lame, dans un peu d'eau, une très jeune bractée de quelques millimètres seulement de long et qui, par son extrême minceur, permet d'observer très facilement le contenu des cellules épidermiques. Pour observer les bractées plus âgées, on peut découper un fragment d'une des parties marginales très minces et l'examiner de la même manière. On peut aussi procéder comme dans la fleur, détacher l'épiderme et le monter dans une solution isotonique. A l'aide de ces méthodes, nous avons pu constater que les bractées constituent un précieux objet d'étude pour l'observation vitale du chondriome. Nous ne décrirons ici que rapidement l'évolution du chondriome dans les bractées, nous réservant de revenir sur le détail de la structure des cellules épidermiques à propos de l'étude des caractères physiologiques du chondriome.

Dans les *bractées* les plus jeunes, l'épiderme est constitué par de petites cellules renfermant un gros noyau central et un cytoplasme rempli de petites vacuoles, de formes allongées ou arrondies qui renferment des composés phénoliques peu abondants, dissous dans le suc cellulaire ou sous forme de gros corpuscules ; ces composés prennent parfois une teinte violette peu accentuée. Le cytoplasme renferme en outre un certain nombre de gouttelettes graisseuses, et un chondriome constitué par des mitochondries granuleuses et des chondriocontes allongés, remplis de globules graisseux qui élaborent, sur leur trajet, de petits grains d'amidon simples ou composés. (Pl. 24, fig. 1 à 3). Cet amidon, qui se forme de très bonne heure, achève sa croissance dès les stades les plus jeunes ; il ne tarde pas ensuite à se résorber à un stade où la bractée est encore toute jeune. Pendant cette résorption, les chondriocontes produisent, aux emplacements occupés sur leur trajet par les grains d'amidon, de petits renflements vésiculeux, puis les globules graisseux, qui jusqu'ici apparaissaient en grand nombre dans ces éléments, se résorbent peu à peu.

|  | SÉPALES | POILS DES SÉPALES | PÉTALES | STIGMATES | ÉTAMINES |
|---|---|---|---|---|---|
| *Stade I.* (Fleur de quelques millimètres de long seulement, dépourvue dans ses cellules épidermiques de tout pigment, mais déjà légèrement verte dans le parenchyme des sépales et pétales). | Cellules épidermiques à chondriome composé de mitochondries granuleuses ou en courts bâtonnets et de chondriocontes se remplissant de petits globules graisseux. Cellules parenchymateuses à chondriome analogue, mais où les chondriocontes remplis de graisse commencent déjà leur transformation en amylo — et chloroplastes et élaborent de l'amidon. | Chondriome constitué par des mitochondries granuleuses ou en courts bâtonnets et des chondriocontes se remplissant de petits globules graisseux. | Chondriome analogue à celui des sépales. | Cellules épidermiques et parenchymateuses avec chondriome constitué par des mitochondries granuleuses ou en courts bâtonnets et des chondriocontes se remplissant de petits globules graisseux. | *Id.*, mais les chondriocontes commencent à élaborer de l'amidon. |
| *Stade II.* (Fleur légèrement plus développée. Le pigment xanthophyllien commence à apparaître dans l'épiderme. Formation d'anthocyane encore à peine apparente dans les vacuoles). | Les chondriocontes des cellules épidermiques élaborent de l'amidon et dans les parties inférieures s'imprègnent de xanthophylle. Le reste du chondriome (mitochondries granuleuses) conserve sa forme primitive. Dans le mésophylle, les amyloplastes et chloroplastes sont déjà différenciés. Ils sont remplis de graisse et élaborent de l'amidon. Début de l'apparition de l'anthocyane. | Les chondriocontes forment sur leur trajet, généralement aux deux extrémités, des renflements. Ceux de la partie supérieure s'imprègnent de xanthophylle. Le reste du chondriome conserve sa forme primitive. | Comme dans les sépales. | Les chondriocontes élaborent de l'amidon, le reste du chondriome conserve sa forme primitive. | *Id.* |
| *Stade III.* (Fleur plus développée, à épiderme renfermant de l'anthocyane et de la xanthophylle). | Pas de modification dans le chondriome des cellules épidermiques, sauf que la croissance des grains d'amidon s'achève. Dans le mésophylle, les chloroplastes et les amyloplastes résorbent leur amidon et leur graisse. | Comme dans le stade II. | Comme dans les sépales. | Les grains d'amidon ont achevé leur croissance. La graisse diminue. L'anthocyane apparaît. | Début de la résorption de l'amidon. Les grains d'amidon laissent à leur place un renflement vésiculeux. La graisse persiste. |
| *Stade IV.* (La fleur commence à dépasser l'enveloppe des bractées par sa région supérieure). | Dans l'épiderme, les chondriocontes épaissis perdent la majeure partie de leur graisse et résorbent leurs grains d'amidon qui laissent à leur place un gros renflement vésiculeux, qui tend à se transformer en chromo – ou leucoplaste. Dans le parenchyme, gros amyloplastes et gros chloroplastes ronds dépourvus d'amidon et de graisse. | Les renflements formés sur le trajet des chondriocontes ont une tendance à se séparer par résorption des parties effilées des chondriocontes sous forme de chromo – ou de leucoplastes arrondis remplis de graisse. | Comme dans les sépales. | Les chondriocontes résorbent leurs grains d'amidon et laissent à la place qu'ils occupaient un gros renflement vésiculeux. La graisse disparaît partiellement seulement. Il se forme des renflements remplis de graisse. | Chondriocontes remplis de graisse commençant à dégénérer. |
| *Stade V.* (Fleur un peu plus développée et sur le point de s'ouvrir). | Dans l'épiderme, les chondriocontes achèvent la résorption de leur amidon. Ils ne renferment plus qu'exceptionnellement de l'amidon. La graisse a presque complètement disparu. | Comme dans le stade IV. | Comme dans les sépales. | Comme dans le stade IV. | Dégénérescence cellulaire. |
| *Stade VI.* (Fleur ouverte). | Chromoplastes et leucoplastes sous forme de grosses vésicules conservant souvent des appendices effilés, restes des chondriocontes qui les ont formés. | Les renflements des chondriocontes se séparent par résorption des parties effilées qui les réunissent sous forme de leucoplastes et de chromoplastes arrondis, remplis de graisse. | Comme dans les sépales. | Début de la dégénérescence du chondriome. |  |

Dans les cellules plus évoluées, les chondriocontes perdent leurs vésicules et se présentent sous forme de chondriocontes très allongés, onduleux, souvent ramifiés qui renferment parfois sur leur trajet quelques petits globules graisseux (Pl. 24, fig. 5 à 10). Ces globules graisseux peuvent augmenter de nombre à certains moments.

Dans les cellules âgées, les chondriocontes prennent souvent des aspects particuliers : ils s'allongent démesurément, prennent un contour beaucoup moins onduleux, parfois même rectiligne, et forment sur leur trajet de petits renflements dans lesquels peuvent se former quelques globules graisseux. Parfois un même chondrioconte produit plusieurs renflements le long de son trajet, mais la plupart n'en forment qu'un seul en leur milieu. Les chondriocontes prennent ainsi la forme de fuseaux à pointes très effilées et très allongées qui ont un aspect vaguement cristallin (fig. 9). Des figures analogues, que nous avons déjà observées dans les cellules épidermiques des feuilles de Tulipe, sont extrêmement répandues et ont été souvent décrites par W. Schimper et A. Meyer comme des leuco-

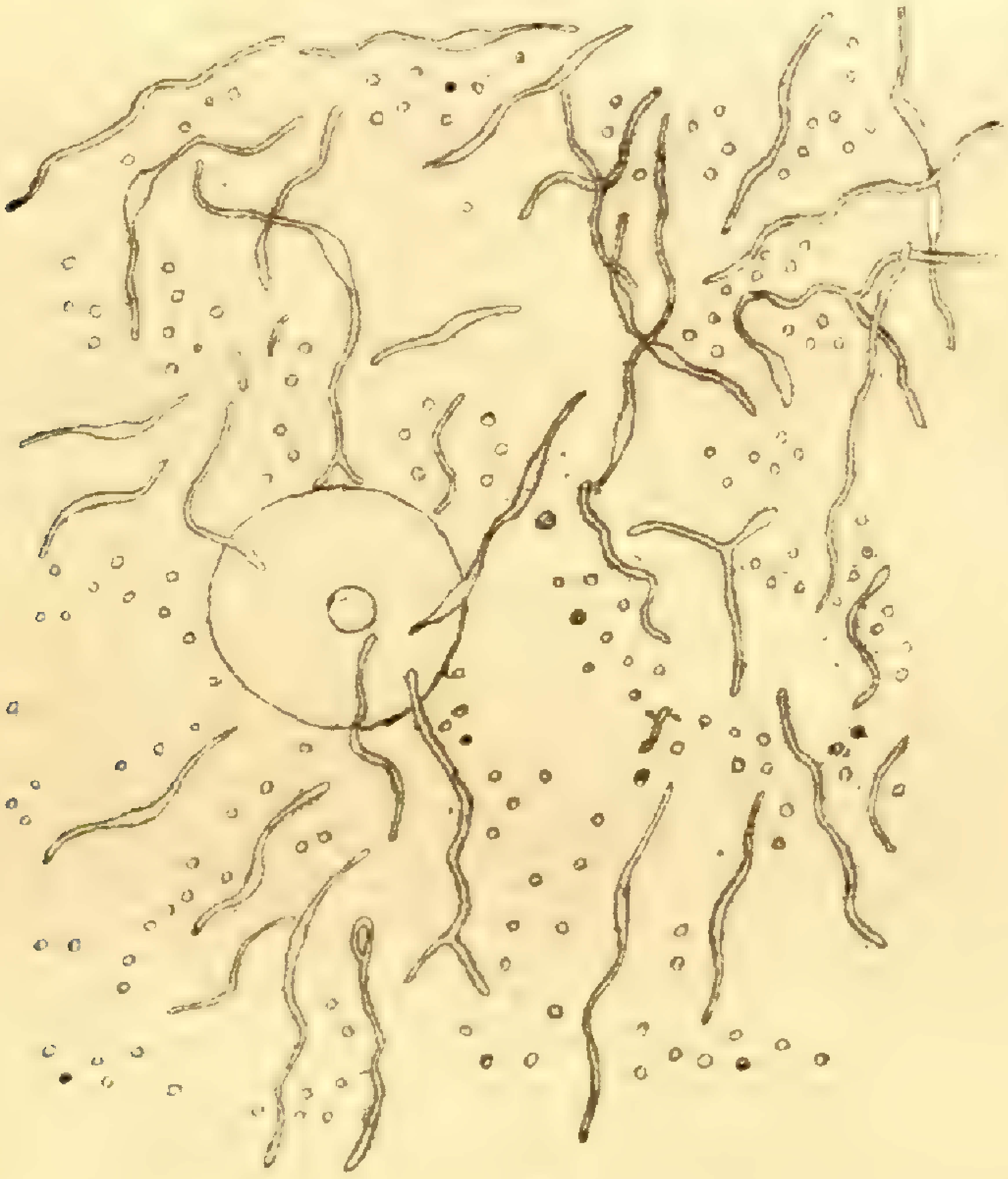


Fig. 9. — Fragment d'une cellule épidermique de bractée parvenue au terme de sa croissance. Les chondriocontes ont pris des formes de fuseaux à pointes effilées et très allongées, interprétées par W. Schimper et Meyer comme cristallines.

plastes ayant élaboré un cristalloïde de protéine. Ces auteurs expliquaient ces figures comme résultant de la formation, au sein de leucoplastes primitivement arrondis, d'un cristalloïde de protéine : celui-ci revêtirait la forme d'une longue aiguille traversant le leucoplaste et venant s'épanouir en dehors sous forme de longs appendices. Nous n'insisterons pas plus longuement pour le moment sur cette question, sur laquelle nous nous réservons de revenir plus loin.

Les bractées très jeunes permettent également de suivre la formation des chloroplastes du mésophylle à partir des chondriocontes. Les cellules du mésophylle peuvent être facilement observées par transparence, au-dessous de l'épiderme. On peut ensuite achever l'observation de l'évolution des chloroplastes dans les bractées plus âgées et moins transparentes au moyen de coupes à la main. Dans les cellules les plus jeunes que nous ayons examinées, on observe de nombreux chondriocontes déjà imprégnés de chlorophylle qui forment sur leur trajet de petits renflements (Pl. 33, fig. 1). Chacun de ces renflements est le siège de l'élaboration d'un grain d'amidon composé (Pl. 33, fig. 2). A un stade ultérieur et pendant la croissance des grains d'amidon, ces renflements s'isolent par rupture des parties effilées du chondrioconte qui les réunit et apparaissent comme de petits chloroplastes en voie d'élaborer des grains d'amidon composés. L'amidon se résorbe ensuite et les chloroplastes grossissent (Pl. 33, fig. 3). On constate que les chondriocontes qui se transforment en chloroplastes sont très riches en globules graisseux. Ces globules se résorbent en presque totalité dans les stades ultérieurs.

Dans les cellules parvenues à leur entier développement, on observe, avec une grande netteté, un cytoplasme renfermant, en dehors d'un assez grand nombre de petites gouttelettes graisseuses, un chondriome constitué par des mitochondries granuleuses ou en courts bâtonnets et de gros chloroplastes. Ceux-ci ont d'ordinaire l'aspect de gros corpuscules, de formes ovales ou anguleuses, remplis de chlorophylle et renfermant souvent un ou deux petits globules graisseux. Ils sont munis d'ordinaire à l'une de leurs extrémités ou aux deux extrémités d'un petit appendice effilé et plus ou moins allongé, toujours dépourvu de chlorophylle (Pl. 33, fig. 4). Cet appendice, au contact de l'eau, prend rapidement l'aspect d'une vésicule et le chloroplaste montre alors sur un de ses pôles ou sur ses deux pôles une sorte de vésicule proéminente. De semblables appendices filiformes ont été souvent figurés par W. Schimper et A. Meyer qui les considèrent encore comme dus à un cristalloïde protéique qui traverserait de part en part le chloroplaste. Mais ces appendices ont ordinairement une forme onduleuse ; ils n'ont aucune biréfringence ; de plus, ils renferment parfois sur leur trajet de petits globules graisseux, ce qui est absolument incompatible avec leur nature cristalline. Il semble donc que l'on doive ici encore repousser l'hypothèse de Schimper et de Meyer et il paraît beaucoup plus vraisemblable d'admettre que ces appendices représentent simplement le reste du chondrioconte qui a fourni le chloroplaste, à moins qu'il ne résulte de la croissance ultérieure du chloroplaste.

Les cellules épidermiques des feuilles présentent une structure tout à fait semblable à celle des bractées qu'il est facile d'observer par transparence dans une très jeune feuille, et aux stades plus évolués dans des lambeaux détachés de l'épiderme et montés dans une solution isotonique.

Dans les feuilles encore très jeunes, de quelques millimètres de long, l'épiderme se montre constitué par de très petites cellules allongées. Celles-ci offrent un cytoplasme parsemé de nombreuses petites vacuoles pressées les unes contre les autres et affectant des formes très variables : ovales, allongées, en haltères, arrondies. Ces vacuoles sont remplies d'un contenu homogène, extrêmement dense et très réfringent qui présente les réactions des composés phénoliques. Grâce à ce contenu, elles fixent énergiquement les colorants vitaux, notamment le rouge neutre et le bleu de Nil. Ces composés phénoliques paraissent se former par le processus que nous avons décrit pour la formation de l'anthocyane dans les jeunes folioles de Rosier. Il est facile de suivre ce processus dans les cellules les plus jeunes. Dans la suite, ces vacuoles grossissent et se fusionnent entre elles ; leur contenu devient alors beaucoup plus transparent, mais fixe toujours les colorants vitaux bien que d'une manière beaucoup plus diffuse : les composés phénoliques y sont donc en solution beaucoup plus étendue. Souvent, en même temps, on constate la condensation, au sein des vacuoles, d'une partie de ce contenu sous forme d'un ou plusieurs gros corpuscules semblables aux cyanoplastes de Politis. Ces composés phénoliques restent toujours incolores ou parfois prennent une teinte légèrement violacée à peine visible.

Dans les cellules les plus jeunes, le chondriome se compose presqu'exclusivement de mitochondries granuleuses ou de courts bâtonnets peu distincts. Un peu plus tard, on observe la transformation, autour du noyau, d'une partie de ces éléments en chondriocontes d'abord très courts qui se remplissent de petits globules graisseux (Pl. 25, fig. 1 à 2). Ces éléments s'allongent peu à peu et prennent l'aspect de filaments onduleux, puis ils élaborent sur leur trajet de petits grains d'amidon simples ou composés (Pl. 25, fig. 4 à 8). Ces grains achèvent leur croissance et se résorbent à un stade très précoce du développement des cellules. A la fin de leur résorption, ils laissent sur le chondrioconte, à l'emplacement qu'ils occupaient, une petite vésicule qui, plus tard, disparaît. En même temps la majeure partie de leur graisse se résorbe.

Dans les cellules se trouvant à un stade plus avancé, le chondriome apparaît constitué par des mitochondries granuleuses ou en courts bâtonnets et par de longs chondriocontes allongés, onduleux et souvent ramifiés, qui peuvent renfermer, sur leur trajet, quelques petits globules graisseux. Dans les cellules plus âgées, ces chondriocontes peuvent s'allonger, prendre une forme plus ou moins rectiligne et former sur leur trajet un ou plusieurs renflements ; en général, ils forment un seul renflement en leur milieu et présentent l'aspect fusiforme considéré par Schimper et Meyer comme dû à la présence d'un cristal de protéine. Ces renflements se remplissent de petits globules graisseux. On peut admettre ici encore que ces renflements représentent de petits plastes incomplètement formés et remplis de graisse (Pl. 25, fig. 11).

Dans les cellules du mésophylle on observe, au-dessous de l'épiderme de la face interne de la feuille, une assise hypodermique dont les cellules ne forment pas de chlorophylle et présentent une structure assez semblable à celle des cellules épidermiques que nous venons de décrire. Elles offrent également un chondriome constitué à la fois par des mitochondries granuleuses et des chondriocontes. Ceux-ci sont remplis de graisse et élaborent dans les premières phases du développement des cellules de petits grains d'amidon (Pl. 33, fig. 5).

Ces grains d'amidon se résorbent de bonne heure en même temps que les globules graisseux disparaissent presque complètement. Pendant ce temps, on voit se développer sur le trajet des chondriocontes, de petits renflements où se forment de nouveau des globules graisseux. Dans les cellules plus âgées, les chondriocontes présentent un aspect plus épais que ceux de l'épiderme et offrent sur leur trajet un ou plusieurs renflements remplis de globules graisseux.

Dans les cellules du mésophylle, les chloroplastes semblent se développer comme dans les cellules correspondantes des bractées. Ils dérivent de chondriocontes remplis de graisse. Ces éléments s'imprègnent de chlorophylle, forment sur leur trajet des renflements qui élaborent chacun un grain d'amidon composé ; puis pendant la croissance de ce grain, ces renflements se séparent par résorption des parties effilées du chondrioconte et prennent l'aspect de chloroplastes arrondis avec un grain d'amidon composé en formation dans leur intérieur. A une phase ultérieure, les grains d'amidon se résorbent ainsi que les globules graisseux et les chloroplastes grossissent beaucoup. Dans les cellules ayant achevé leur croissance, les chloroplastes se présentent, comme dans les bractées, sous forme de gros corpuscules de formes ovales ou arrondies, parfois pourvus à leurs extrémités d'appendices effilés et incolores (1).

## D) ASPECT CRISTALLIN DE CERTAINS PLASTES

Nous avons vu au cours de ces observations que certains plastes présentent une vague allure cristalline. Cet aspect, qui avait frappé W. Schimper et Meyer, avait fait admettre à ces auteurs que dans beaucoup de cas une partie de la substance du plaste est susceptible de subir un phénomène de cristallisation.

C'est ainsi que dans l'épiderme des bractées et des feuilles, nous savons que les cellules jeunes renferment des chondriocontes allongés et flexueux qui élaborent d'abord de petits grains d'amidon transitoires, puis ensuite après la résorption de cet amidon, peuvent former sur leur trajet un ou parfois plusieurs petits renflements dans lesquels naissent des globules graisseux. Il en résulte des figures en fuseaux à appendices effilés ou en haltères. Ces renflements représentent de petits plastes rudimentaires, incomplètement développés et restes fixés sur le chondrioconte dont ils dérivent. Dans les cellules un peu âgées, il arrive parfois que les parties effilées de ces figures s'allongent, puis d'onduleuses qu'elles étaient, prennent souvent un aspect rectiligne : elles ressemblent alors à une aiguille cristalline. Nous avons déjà signalé des figures analogues dans les cellules épidermiques des feuilles de Tulipe.

---

(1) Ces appendices filiformes représentent évidemment les restes du chondrioconte formateur du chloroplaste, mais nous pensons qu'au cours de la croissance du chloroplaste, cette partie effilée s'allonge beaucoup. Un phénomène semblable a été signalé par Chodat, dans les chloroplastes du pseudo-bulbe de *Calanthe Sieboldi*. L'auteur décrit des chloroplastes fusiformes dont la portion médiane s'allonge en un filament ne renfermant pas de chlorophylle et produisant de l'amidon.

On a vu que des figures semblables ont souvent été décrites par W. Schimper et Meyer et que ces auteurs admettent que ces éléments d'allure cristalline proviennent de petits plastes arrondis qui auraient formé en leur sein une aiguille cristalline de protéine. Le développement de cette aiguille cristalline aurait déterminé l'allongement du plaste en forme de fuseau. Le plaste serait traversé dans son axe par cette aiguille qui s'épanouirait au dehors en deux appendices pointus. Les figures pourvues de plusieurs renflements sont considérées par ces auteurs comme des leucoplastes ayant élaboré une aiguille cristalline dans leur phase de division.

W. Schimper appuie cette opinion sur le fait que, en lumière polarisée, ces éléments présentent une faible biréfringence. Toutefois l'opinion de Schimper et de Meyer est contestée par Chodat qui admet qu'en aucun cas, les plastes fusiformes décrits par ces auteurs ne renferment des cristalloïdes protéiques.

Cet auteur invoque, pour contester cette opinion, le fait que ces éléments, même dans leur partie effilée considérée comme cristalline, offrent toujours une structure spongieuse. D'autre part, il objecte qu'ils ne présentent en lumière polarisée qu'une très faible biréfringence qui est insuffisante pour démontrer leur nature cristalline.

Nous ferons remarquer que ces figures dont l'interprétation était fort difficile pour Schimper et Meyer, qui admettaient que ces éléments provenaient de l'allongement de petits plastes arrondis, devient beaucoup facile maintenant que nous avons démontré qu'ils dérivent de la différenciation de chondriocontes, c'est-à-dire d'éléments dont le caractère est de se présenter sous forme de bâtonnets allongés. En présence de cette origine nouvelle, l'opinion de Schimper et de Meyer devient beaucoup plus discutable, et il ne semble pas qu'il soit nécessaire de faire intervenir une cristallisation. Examinés en lumière polarisée, ces éléments ne nous ont d'ailleurs montré aucune biréfringence et le professeur Offret, que nous avons consulté à ce sujet, et qui a eu la bienveillance, nous l'en remercions ici, d'examiner nos préparations, nous a exprimé l'avis formel que ces éléments n'avaient rien de cristallin.

Pour essayer de résoudre la question, nous avons observé de nouveau les plastes cités par Schimper, parmi ceux où cette apparence cristalline est la plus caractéristique, notamment les amyloplastes de la racine de *Phajus grandifolius* et les chloroplastes de l'épiderme de la tige de *Cerinthe minor*.

Les amyloplastes de la racine de *Phajus* se présentent le plus souvent sous forme de fuseaux qui ont un aspect tellement cristallin que nous avions cru devoir admettre l'opinion de Schimper dans nos recherches antérieures. L'amidon est élaborée sur la partie renflée de ces fuseaux. D'après Schimper, ces éléments proviennent de petits leucoplastes arrondis qui s'allongent en fuseaux par suite de la formation dans leur axe d'un cristal de protéine ; la partie renflée serait constituée par une zone de substance active non cristallisée, entourant le cristalloïde. Nos recherches ont montré, au contraire, que ces éléments résultent de la différenciation de chondriocontes. Ces éléments, dans lesquels Chodat observe une structure spongieuse, présentent sur le vivant, comme après fixation par les méthodes mitochondriales, une structure absolument homogène. La structure spongieuse décrite par Chodat peut donc être considérée comme artificielle et due à l'influence des réactifs. Par contre, ces éléments ne nous ont donné en lumière polarisée aucune biréfringence. Ils ne paraissent donc présenter aucune des propriétés optiques des cristaux.

Les chloroplastes de l'épiderme de la tige de *Cerinthe minor* offrent l'aspect de fuseaux dont toute la partie axiale est incolore ; seule la portion renflée du milieu présente tout autour de la tige axiale incolore une zone chlorophyllienne. Schimper admet que la tige cristalline représente un cristalloïde protéique, que la partie renflée du milieu est seule occupée par de la substance amorphe, active. De même que pour les amyloplastes de *Phajus*, nous n'avons constaté en lumière polarisée aucune biréfringence dans ces éléments. On est obligé d'avouer cependant que les figures spéciales de ces chloroplastes s'expliquent difficilement et l'on ne comprend pas pourquoi la chlorophylle se trouve exclusivement localisée sur la région périphérique de la partie renflée du fuseau.

Quelques-unes des figures de ces divers plastes ont un aspect cristallin si impressionnant que bien qu'elles ne semblent avoir que l'apparence superficielle des cristaux, nous hésitons, malgré l'opinion de M. Offret, à exclure complètement la théorie de Schimper. On pourrait à la rigueur admettre que ces éléments, dans quelques cas, ont une tendance à la fin de leur évolution à cristalliser. Aussi tout en constatant que l'interprétation de Schimper et Meyer manque de bases physiques, croyons-nous devoir laisser la question en suspens. La notion biologique de cristalloïde est d'ailleurs assez peu précise et nous autorise à ne pas trancher définitivement la question.

En tous cas, ce que nous pouvons affirmer, c'est que la théorie de Schimper et de Meyer a été exagérée et appliquée à diverses figures en bâtonnets ou en fuseaux qui dérivent de chondriocontes et qui n'ont même pas l'apparence de cristalloïdes. C'est ainsi qu'il semble résulter de nos observations que la plupart des figures interprêtées par W. Schimper et A. Meyer comme des plastes à aiguille cristalline représentent des plastes incomplètement développés, c'est-à-dire qui apparaissent pendant toute leur évolution comme de petits renflements sur la longueur d'un chondrioconte, plastes très fréquents que nous retrouverons souvent au cours de ce travail. On voit donc que s'il y a quelques cas où la théorie de Schimper et de Meyer peut encore être discutée, il est certain qu'elle a été très exagérée et que la plupart des prétendues formes cristallines sont simplement des figures dérivées d'une différenciation plus ou moins accusée de chondriocontes : il n'est pas nécessaire de faire intervenir un phénomène de cristallisation pour expliquer leurs formes.

### E) Caractères physiologiques du chondriome

Déjà nous avons étudié les propriétés physiologiques et les altérations du chondriome dans les cellules épidermiques vivantes de la fleur de Tulipe.

L'*Iris germanica* nous a permis de compléter cette étude. Les cellules épidermiques de la feuille et surtout des bractées membraneuses qui enveloppent les jeunes fleurs sont particulièrement favorables à cette étude, car elles ont un cytoplasme beaucoup plus abondant et moins riche en mitochondries que les cellules épidermiques des pétales de Tulipe, et qui pour cela apparaît beaucoup plus distinctement.

Les cellules épidermiques des bractées et celles des feuilles ont une structure absolument semblable, mais les premières sont plus faciles à observer : comme on l'a vu, les bractées jeunes sont, en effet, tellement minces qu'on peut observer leurs cellules épidermiques par transparence sans détacher l'épiderme. L'eau ne pénétrant que lentement à travers la cuticule, il n'est donc point nécessaire de les observer en milieu isotonique. Ce sont, à l'état adulte, de grosses cellules entourées d'une membrane cellulosique assez épaisse et munie de petites ponctuations déterminées par des amincissements de la membrane ; celles-ci sont assez régulièrement disposées sur toute la membrane. Ces cellules, comme la plupart de celles que nous avons observées, offrent un cytoplasme pariétal entourant une énorme vacuole : celle-ci est traversée par un certain nombre de minces trabécules cytoplasmiques reliant le cytoplasme pariétal au noyau qui se trouve situé sur un côté de la cellule. La vacuole renferme parfois des corpuscules brillants animés de mouvements browniens, de dimensions très variables, qui fixent énergiquement les colorants vitaux et représentent des composés phénoliques incolores. Elle contient toujours en outre des composés phénoliques à l'état de dissolution et prend, grâce à ces composés, une teinte diffuse avec les colorants vitaux.

Le cytoplasme est très hyalin et ne se distingue que difficilement de la vacuole. Il apparaît sous forme d'une substance fluide, visqueuse, très hyaline, pas beaucoup plus réfringente que la vacuole, toujours homogène et qui présente, en somme, des caractères du hyaloplasme décrit par la plupart des auteurs. Il renforme un certain nombre de petits globules graisseux. Le chondriome se détache avec une grande netteté par sa réfringence un peu supérieure à celle du cytoplasme, quoique pas très accusée.

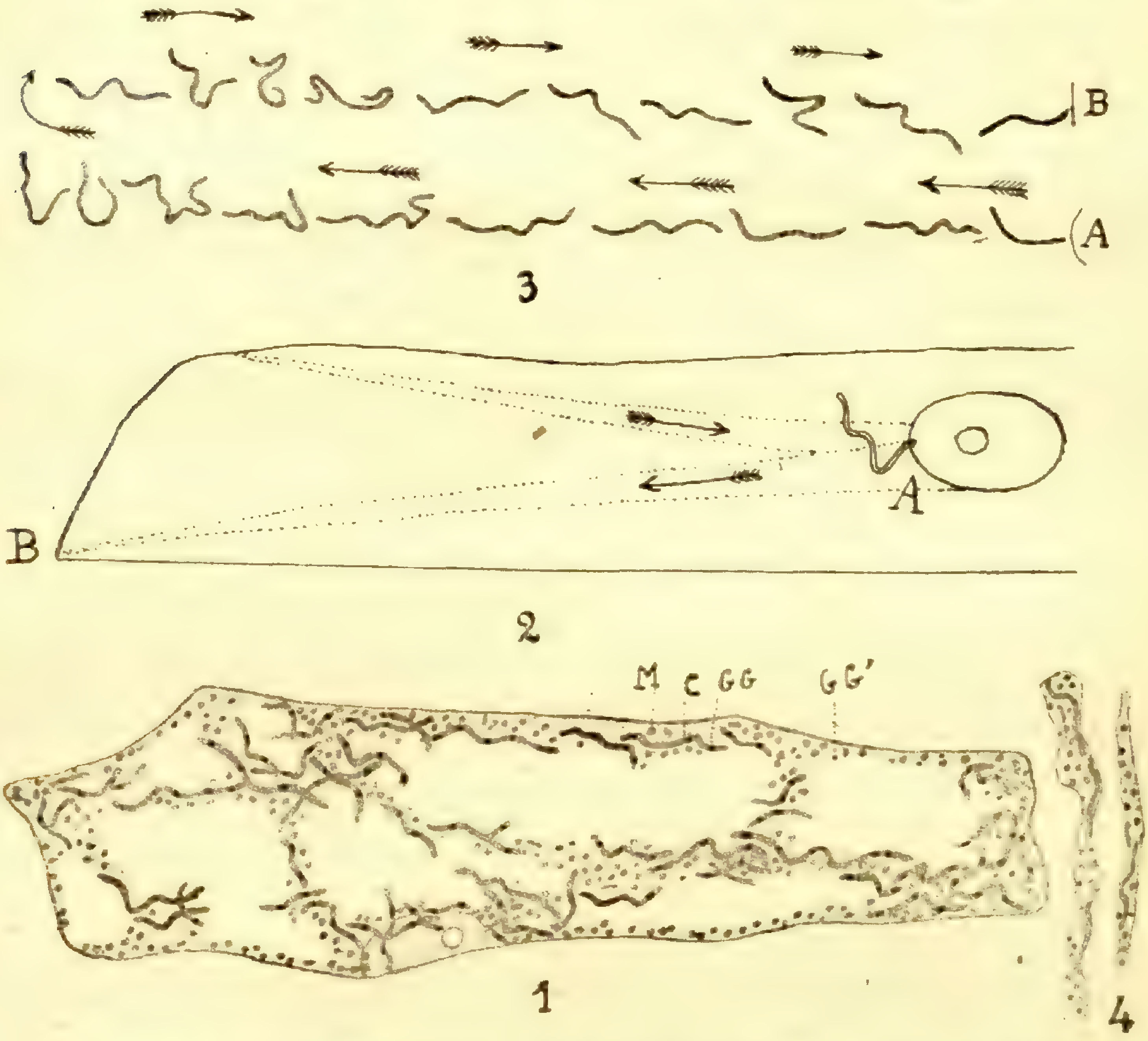


Fig. 10. — 1. Cellule épidermique d'une jeune bractée d'*Iris germanica*, après la résorption de l'amidon, observée sur le vivant : *c*, chondrioconte ; *gg*, globules graisseux inclus dans les chondriocontes ; *m*, mitochondrie granuleuse ; *gg'*, globule graisseux situé dans le cytoplasme en dehors des chondriocontes.

2. Schéma d'une cellule dans laquelle deux trabécules cytoplasmiques de la portion gauche sont le siège de courants de sens contraires, indiqués par les flèches. Le chondrioconte situé au point *A*, au contact du noyau, a été entraîné par un courant cytoplasmique au point *B*. Pendant ce déplacement qui a duré une seconde, ce chondrioconte a subi une série de modifications de forme qui ont été dessinées dans la figure 3.

4. Portions de trabécules cytoplasmiques avec leurs mitochondries (grossissement : 825).

Dans une cellule ayant achevé sa croissance, il est constitué, comme on l'a vu, par de nombreuses mitochondries granuleuses, quelques courts bâtonnets et une grande quantité de chondriocontes filamenteux (Fig. 10, 1). Ces chondriocontes sont le plus souvent très allongés, et ont des formes extrêmement onduleuses. Assez fréquemment, ils sont ramifiés. Cette ramification, autant qu'il ressort de nos observations, ne nous paraît pas due à l'anastomose de plusieurs chondriocontes comme cela a été admis par certains auteurs (R. et H. Lewis, Chaves), mais elle paraît résulter d'une croissance du chondrioconte (1).

Les mitochondries granuleuses et les courts bâtonnets sont disséminés d'une manière assez régulière dans tout le cytoplasme. Les chondriocontes allongés sont parfois groupés autour du noyau et dans certaines régions du cytoplasme.

Nous n'avons pas observé l'instabilité de formes constatée par H. et R. Lewis dans les mitochondries des cellules animales. Les formes paraissent assez constantes pendant le temps que dure l'expérience et les transformations des mitochondries que l'on observe semblent dues en grande partie au milieu qui n'est jamais rigoureusement isotonique. Les transformations évolutives des mitochondries sont donc lentes et ne s'observent pas au microscope. On peut parfois constater la transformation de chondriocontes en chondriomites, mais jamais on n'observe la fusion de mitochondries granuleuses en bâtonnets.

Le cytoplasme est le siège de mouvements qui, dans certaines conditions que nous n'avons pu préciser, augmentent d'intensité et deviennent très rapides. Comme dans toutes cellules, ces mouvements se traduisent par des courants de sens contraires. Certaines trabécules sont le siège de mouvements allant de droite à gauche, d'autres de gauche à droite. Ces mouvements se manifestent par le déplacement des mitochondries granuleuses et des globules graisseux du cytoplasme, ainsi que par des ondulations continuelles du bord des trabécules cytoplasmiques. Quand le mouvement est faible, les mitochondries granuleuses et les courts bâtonnets sont seuls entraînés, tandis que les chondriocontes allongés se déplacent difficilement et se bornent à des oscillations. Si le mouvement devient intense, il entraîne avec lui les chondriocontes allongés.

---

(1) Il peut exister cependant des cas où les chondriocontes offrent une tendance à s'anastomoser, mais cela ne se voit que dans des conditions artificielles, pendant la fixation ou dans les cellules dont l'équilibre osmotique est troublé ou qui sont en voie de dégénérescence.

En se déplaçant, ces éléments sont susceptibles de prendre les formes les plus diverses qui montrent leur extrême flexibilité et leur consistance semi-solide. Ils passent de la forme de bâtonnets rectilignes aux formes de V et Z, de L et de S et contournent, en se déformant et en serpentant, les obstacles qui peuvent se présenter sur leur trajet. Ils peuvent même s'arrêter en route pour reprendre leur trajet au bout d'un certain temps. Les courants peuvent d'ailleurs brusquement changer de direction. Par leur forme, leur flexibilité et leurs déplacements dus aux courants du cytoplasme, ces éléments ressemblent, à s'y méprendre, à des Spirilles.

Nous n'avons jamais constaté de fait en faveur d'un mouvement propre à ces éléments, analogue aux mouvements de contractillité observés par Sauvageau dans certains chloroplastes.

Nous avons été suffisamment heureux de pouvoir suivre plusieurs fois les déplacements (1) d'un chondrioconte du noyau à l'une des extrémités de la cellule et observer toutes les attitudes de cet élément durant ce parcours qui, en général, met de une à deux secondes pour s'effectuer (fig. 10, 2 et 3).

Il nous est arrivé d'obtenir une coloration vitale du chondriome en faisant séjourner quelque temps un fragment d'épiderme dans une solution aqueuse très diluée de vert Janus selon le procédé préconisé par Michaëlis, Laguesse, etc. ou par le violet de Dahlia conseillé par Fauré-Fremiet. Cette coloration exclusivement localisée au chondriome est très inconstante et ne s'effectue que dans certaines cellules. Il est au contraire plus facile d'obtenir des colorations post-vitales des mitochondries par le vert Janus, le violet de Dahlia, le violet de méthyle et même le bleu de Nil, mais on colore en général les mitochondries altérées, transformées en vésicules (Pl. 27, fig. 7 et 8).

1° *Action des milieux hypotoniques.* — Pour les études que nous venons de faire, il est difficile, par suite du peu d'épaisseur des bractées et de l'adhérence de leur épiderme de détacher un lambeau d'épiderme. Il faut se contenter, comme nous l'avons dit, d'examiner au microscope les parties marginales les plus minces de ces bractées qui n'ont qu'un petit nombre d'assises cellulaires et qui permettent d'observer très nettement les cellules épidermiques.

---

(1) Le chondriome de la cellule animale paraît présenter les mêmes particularités, d'après les observations de Policard. Il y a des mitochondries périphériques tout autour de la paroi cellulaire et des mitochondries périnucléaires, et il y aurait une circulation incessante des mitochondries, du noyau à la périphérie de la cellule et inversement.

La pénétration de l'eau ne s'effectue que très lentement dans ces cellules, grâce à leur cuticule, aussi n'est-il pas nécessaire de les placer dans un milieu isotonique si l'observation ne doit pas être de longue durée. En montant la préparation dans l'eau, on constate cependant que les cellules manifestent à la longue des phénomènes d'altération qui portent surtout sur le chondriome et qui correspondent exactement à ceux que nous avons décrits dans la fleur de Tulipe.

Ces altérations se traduisent d'abord par une augmentation de l'intensité des courants du cytoplasme et par la production, aux dépens du cytoplasme qui avoisine la vacuole, de sortes de bourgeons pédicellés qui font hernie dans les vacuoles et prennent un aspect alvéolaire. Ces formations qui paraissent correspondre aux boules sarcodiques de Dujardin et qui ressemblent tout à fait à des figures myéliniques, sont beaucoup plus fréquentes dans les cellules plasmolysées et nous les décrirons plus en détail à propos de la plasmolyse. En même temps, on observe une altération du chondriome tout à fait analogue à celle que nous avons observée dans les cellules épidermiques des pétales de Tulipe placées dans les mêmes conditions. Les chondriocontes forment sur leur trajet de petits renflements vésiculeux qui se séparent les uns des autres par rupture des parties effilées, grossissent et prennent l'aspect d'assez grosses vésicules arrondies, formées par une paroi dense et un liquide aqueux renfermant souvent en suspension un ou plusieurs globules réfringents (Pl. 27, fig. 1). Les mitochondries granuleuses et en courts bâtonnets finissent elles-mêmes par se transformer en vésicules plus petites que les précédentes. Ici encore, les mitochondries végétatives montrent une plus grande résistance que les mitochondries élaboratrices. Quant au noyau, il se dilate légèrement et son nucléoplasme, en absorbant de l'eau, détermine un relâchement du réseau chromatique, qui donne au noyau un aspect plus ou moins alvéolaire.

Jusqu'à ce moment la cellule est restée vivante. En ajoutant une trace de rouge neutre ou de bleu de Nil à la solution hypotonique on colore le contenu de la vacuole, grâce aux composés phénoliques qu'elle renferme, mais si au lieu d'employer des colorants vitaux, on emploie l'éosine, on constate que le cytoplasme reste incolore. Ici comme pour la Tulipe, nous avons essayé en vain d'obtenir la réparation des altérations du chondriome et le retour des vésicules mitochondriales à la forme de chondriocontes, en plaçant les cellules altérées dans des solutions isotoniques ou faiblement hypertoniques. En soumettant, d'autre part, à des solutions hypertoniques des cellules où les chondriocontes sont pourvus de renflements vésiculeux, comme il en existe normalement à certains stades, nous avons toujours constaté la persistance de ces vésicules.

Au bout d'un certain temps, la cellule meurt : cette mort se manifeste d'abord par la perméabilité du cytoplasme pour l'éosine qui se fixe sur le noyau et le cytoplasme, ainsi que par l'arrêt des courants du cytoplasme. En même temps, on observe toute une série d'altérations que nous avons décrites dans les cellules de Tulipe. Le cytoplasme s'hydrate et devient de plus en plus hyalin, tandis que les vésicules mitochondriales se gonflent jusqu'à devenir énormes (Pl. 27, fig. 2). Elles sont alors animées de mouvements browniens au sein du cytoplasme. Ces vésicules finissent en général par se rompre sous la pression du liquide intérieur, puis leurs parois se résolvent en petites granulations. Bientôt la vacuole elle-même devient perméable et se contracte (Pl. 27, fig. 3 et 4), tandis que le cytoplasme se réduit en une sorte de précipité granulo-alvéolaire renfermant en suspension les débris du chondriome. La vacuole se décompose en petites vacuoles qui finissent par disparaître et le contenu cytoplasmique se ramasse au milieu de la cavité cellulaire en une ou plusieurs masses à contours irréguliers (Pl. 27, fig. 3). Enfin le noyau se gonfle énormément, prend un aspect hyalin, puis se coagule en expulsant son eau et se contracte en une petite masse très dense (Pl. 27, fig. 3 et 6).

Tous ces phénomènes correspondent donc absolument à ce que nous avons décrit pour la Tulipe avec cette différence que le cytoplasme plus riche laisse mieux observer ses altérations et que le chondriome n'étant pas chargé de pigment est un peu moins distinct.

Les cellules épidermiques de la feuille offrent, dans les mêmes conditions, des altérations absolument analogues (Pl. 26, fig. 1 à 4), seulement les phénomènes s'effectuent beaucoup plus rapidement parce qu'on est obligé de les examiner détachées du mésophylle et que ces cellules ont une membrane cellulosique interne très perméable qui laisse passer rapidement l'eau. En découpant de petites portions de la feuille et en les immergeant dans l'eau, la perméabilité devenant moins grande, les phénomènes sont plus lents. Le phénomène est donc d'autant plus rapide que la membrane cellulosique est plus perméable.

Des phénomènes semblables s'observent dans les cellules épidermiques des pétales soumises à l'action d'un liquide hypotonique : on observe un gonflement des chromoplastes qui, par suite de l'augmentation du volume de leur vacuole, prennent une forme sphérique. En plaçant dans l'eau des cellules du mésophylle de la feuille ou de la bractée, on constate que les chloroplastes se comportent de même : ils se gonflent et prennent l'aspect de vésicules constituées par un liquide hyalin entouré d'une paroi dense, généralement plus épaisse sur l'un de ses pôles. La transformation de chloroplastes en vésicules s'effectue cependant moins rapidement que celle des mitochondries ou des chromoplastides. Il semble que les chloroplastes soient un peu plus résistants vis-à-vis des actions osmotiques. Le gonflement et la transformation des chloroplastes en vésicules sous l'influence des milieux hypotoniques est un phénomène depuis longtemps connu signalé par Göppert et Cohn, Hoffmeister, Nægeli et Schwendener, Arthur Meyer, Schimper, Schwartz, Bredow, Tschirch, Pfeffer, Went, Zimmermann, Sapochnikoff, Tswett, Ponomarew et dont l'interprétation a été fort discutée. Certains auteurs l'attribuent à un phénomène d'endosmose et admettent que les chloroplastes sont pourvus d'une membrane ; d'autres nient l'existence de cette membrane et expliquent le phenomène par une dissolution partielle du contenu albuminoïde du chloroplaste. Nos recherches ne nous permettent pas de tenter une explication.

On obtient un milieu à peu près isotonique et où le cytoplasme se conserve relativement bien avec une solution à 7,5 °/₀ de saccharose. Au-dessus de cette concentration, on observe des phénomènes de plasmolyse très nette.

2° *Action des milieux hypertoniques. Plasmolyse.* — La plasmolyse de ces cellules présente un intérêt particulier : elle permet en effet d'observer, dans tous leurs détails, les modifications de structure qui se produisent dans le cytoplasme pendant ce phénomène, parce que le chondriome n'est pas aussi riche que dans les cellules de Tulipe que nous avons observées antérieurement et que le cytoplasme y est plus abondant.

Il nous a donc paru utile de profiter de ces cellules très favorables pour compléter cette étude que nous avons déjà abordée avec les cellules épidermiques des pétales de Tulipe.

Pour cela nous avons utilisé les cellules épidermiques des bractées et des feuilles. Les phénomènes se sont montrés identiques dans les deux cas. Seulement, ils sont beaucoup plus faciles à étudier dans les cellules des bractées parce que, comme on l'a vu, les bractées étant très minces permettent d'observer leurs cellules épidermiques sans qu'il soit besoin de détacher l'épiderme. Cependant les bractées ayant une durée très éphémère, il ne nous a pas été possible d'achever sur elles nos recherches sur cette question délicate et nous avons dû avoir recours aux cellules épidermiques des feuilles que l'on peut observer toute l'année. Des fragments de bractées ou des lambeaux d'épiderme de feuilles étaient montés dans une solution hypertonique et observés sous le microscope.

La plasmolyse s'effectue de la même manière avec seulement quelques différences de détail sans importance, avec des solutions de NaCl ou des solutions de saccharose, et quel que soit le degré de concentration de ces solutions ; seulement les phénomènes suivent une marche plus rapide à mesure que la concentration s'élève.

Elle se traduit par une série de phénomènes très nettement caractérisés.

Le début consiste en une rétraction partielle de la masse cytoplasmique ou *protoplaste* qui se détache de place en place de la membrane cellulosique, déterminant ainsi, sur les bords de la cellule une série de sinus, dont les concavités correspondent au décollement et à la rétraction de la zone pariétale (Pl. 28, fig. 1 et 2).

Au bout d'un certain temps, cette rétraction s'achève. Dans les cellules peu allongées, tout le cytoplasme se contracte au milieu de la cavité cellulaire sous forme d'une masse arrondie (Pl. 28, fig. 3 et

4). Dans les cellules très allongées, le cytoplasme, en se contractant, se divise par étranglement en plusieurs masses arrondies, de dimensions inégales, les unes très grosses, les autres très petites, disposées le long de la cellule, et réunies l'une à l'autre par un mince trabécule (Pl. 29, fig. 1) ; chacune de ces masses renferme un fragment de la vacuole provenant de la division par étranglement de la vacuole primitive. Le protoplaste contracté offre toujours un contour parfaitement régulier comme s'il était délimité par une paroi. Il reste cependant rattaché à la membrane cellulosique par de minces filaments : ces filaments très nombreux sont parfois si minces qu'il est difficile de les apercevoir. Presque toujours, ils sont plusieurs fois dichotomisés et se terminent sur la membrane cellulosique comme de fines arborescences (Pl. 29, fig. 2, 3 et 4). Ils ne sont pas en rapport avec les ponctuations de la membrane cellulosique. Ils paraissent constitués par une substance assez dense et visqueuse, dépourvue de mitochondries, mais renfermant parfois quelques globules graisseux.

Nous avons dit, à propos de la plasmolyse de la Tulipe, que la signification de ces filaments a été l'objet de controverses. Tandis que Kohl les considère comme des communications protoplasmiques entre les cellules ou plasmodesmes, Chodat et Boubier les attribuent à la paroi périplasmique ou plasmoderme qui, en vertu de sa viscosité, conserverait des adhérences avec la membrane cellulosique. Ces auteurs s'appuient pour soutenir cette opinion sur le fait que ces filaments se forment même sur les faces supérieures des cellules épidermiques et sur les faces latérales des cellules de Spirogyre, c'est-à-dire là où il ne peut exister de communications cytoplasmiques. Strasburger au contraire admet qu'à côté de ces filaments qui semblent bien dus à l'adhérence de la paroi périplasmique, il existe des filaments plus épais qui, eux, représentent des communications cytoplasmiques. Les cellules épidermiques d'*Iris germanica* (fig. 11) permettent de constater qu'à côté des filaments très minces (*a*) que nous venons de décrire, il en existe d'autres moins nombreux, plus épais et renfermant des mitochondries qui sont en rapport avec les filaments correspondants des cellules voisines par les ponctuations de la membrane cellulosique (*b*). Ces filaments que les cellules de Tulipe ne nous avaient pas permis de distinguer très nettement semblent donc bien représenter des plasmodesmes. Ces filaments renferment parfois sur leur trajet de petits renflements pourvus d'une vacuole. Seulement, ces filaments ne sont pas toujours visibles et se détachent facilement de la membrane cellulosique

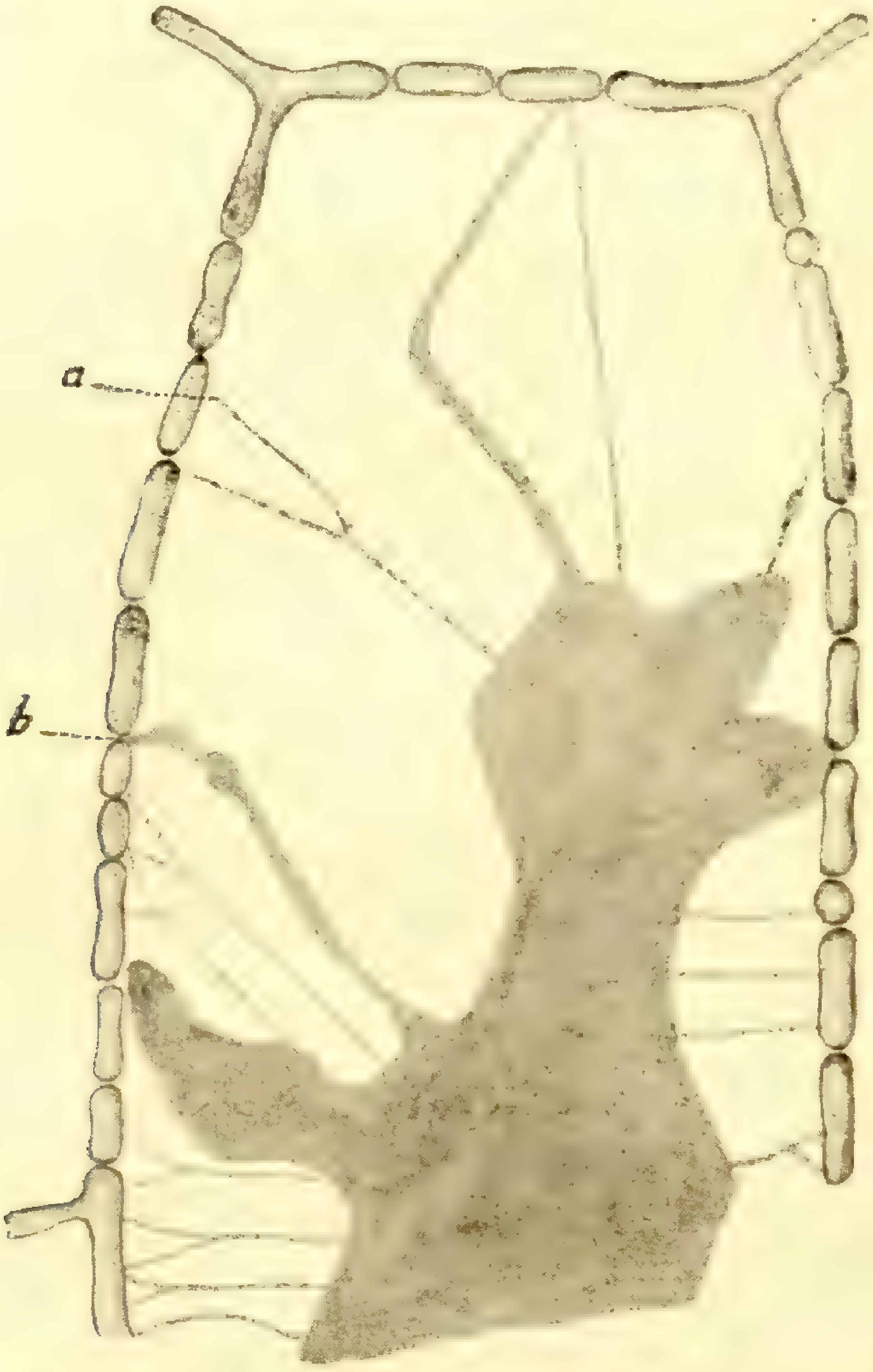


Fig. 11. — Fragment d'une cellule épidermique de feuille plasmolysée par une solution de saccharose à 20 %, additionnée d'éosine, et montrant les filets cytoplasmiques *(a)*, qui relient le protoplaste contracté à la membrane cellulosique, et des filaments plus gros qui paraissaient représenter les communications protoplasmiques *(b)*. **(grossissement : 1000).**

à la fin de la contraction du cytoplasme, surtout lorsqu'on emploie des solutions de NaCl. Ils sont donc plus faciles à observer dans les cellules plasmolysées à l'aide de solutions sucrées. A la mort de la cellule, on peut les mettre en évidence par l'éosine, mais ils se colorent surtout très vivement par le violet de gentiane (Pl. 29, fig. 7 et 8). On peut donc admettre avec Strasburger que, si un grand nombre de filaments qui relient le protoplaste contracté à la membrane cellulosique sont attribuables à une adhérence du cytoplasme avec cette membrane, d'autres sont très vraisemblablement des plasmodesmes.

Les vacuoles se détachent toujours très nettement du cytoplasme comme si elles étaient limitées par une paroi périvacuolaire : cela apparaît surtout très nettement lorsqu'on a soin d'ajouter à la solution hypertonique une trace de rouge neutre ou de bleu de Nil qui, tant que la cellule est vivante, ne se fixent que sur le contenu des vacuoles grâce aux composés phénoliques dissous dans le suc vacuolaire et font apparaître très distinctement les vacuoles (Pl. 28, fig. 5 et 6). A mesure que la vacuole se contracte, le contenu devient plus épais, se colore plus énergiquement. Ce contenu peut d'ailleurs se précipiter sous l'influence de la plasmolyse, en partie sous forme de gros corpuscules ou se prendre tout entier en une masse d'aspect spongieux.

*(A suivre)*

# NOTES BIBLIOGRAPHIQUES

W. Coker. — **The Amanitas of the Eastern United States** (*Journal of the Eliska Mitchell Scientific Society*, vol. XXXIII, p. 1, juin 1917, avec 69 planches).

H. C. Beardslee. — **The Lactarias of North Carolina** (*Id.*, vol. XXXIII, p. 147, janvier 1918, avec 40 planches).

W. Coker. — **The Russulas of North Carolina** (*Id.*, vol XXXIV, p. 1, juin 1918, avec 42 planches).

Nous réunissons ici trois Mémoires parce qu'ils ont paru dans le même recueil, qu'ils sont rédigés d'après la même méthode, illustrés de la même manière, et qu'ils ont trait à des Champignons du même groupe et de la même région. Car bien que le titre du premier de ces travaux semble indiquer que la région étudiée est plus étendue que pour les deux autres, le texte indique que les Champignons recueillis proviennent, comme dans les deux autres Mémoires, de la Caroline du Nord des environs de Chapel-Hill).

Pour chacun des trois genres il y a d'abord une clé dichotomique des espèces, puis la description détaillée de ces espèces avec, pour chacune, une ou plusieurs planches (pas en couleurs, malheureusement, mais en noir et très finement exécutées) représentant l'espèce vue dressée, vue par en dessus et vue du côté des lames. A la fin du Mémoire les spores de la plupart des espèces sont groupées en planches. Les dessins de ces spores sont plutôt schématiques, ne donnant guère que le contour et la taille. Dans le genre Amanite à côté de chaque dessin les dimensions absolues des spores sont indiquées. Ajoutons que dans les Lactaires et les Russules les figures indiquent si les spores sont simplement épineuses ou verruqueuses, ou présentent des crêtes plus ou moins allongées et quelquefois réunies en un réseau plus ou moins complet. Il y a cinq de ces planches de spores pour les Amanites, une pour les Lactaires, une pour les Russules.

Pour les Amanites l'auteur traite d'abord les espèces dépourvues d'anneau (sous-genre *Amanitopsis*) ; il en décrit sept espèces. Deux existent également en France, les *A. vaginata* et *A. strangulata*. Cela indique dans quelle aire étendue ces deux espèces croissent.

Il étudie ensuite les Amanites proprement dites dont il décrit 23 espèces dont deux nouvelles : *Am. hygroscopica* et *A. atkinsoniana*. Sur ces 23, 13 existent chez nous ; ce sont les espèces les plus communes : *phalloides*, *citrina, verna, rubescens, muscaria, cæsarea, spissa*, et quelques autres moins répandues : *porphyria, recutita, excelsa, solitaria, strobiliformis, virosa.*

Pour les Lactaires, cinquante espèces sont décrites avec détails, et l'auteur a soin, quand les ressemblances entre diverses espèces sont assez grandes, d'indiquer les caractères différenciels. Parmi ces espèces, six sont nouvelles : *L. Allardii, subtorminosus, furcatus, coleopteris, Curtisii, lentus*. Le *subtorminosus* dont le nom indique une ressemblance avec le *L. torminosus* diffère de cette dernière espèce par son lait qui est doux, et ses spores plus petites. Le *L. furcatus* est caractérisé par ses lames qui se bifurquent de trois à quatre fois ; il a un lait acide et devenant vert à l'air. Sur les 50 espèces il y en a 19 qui existent en France : citons entre autres les *L. piperatus, vellereus, torminosus, turpis, deliciosus, theiogalus, volemus, camphoratus, subdulcis.*

Quant aux Russules, M. Coker les divise en six groupes d'après le goût de la chair qui est douce ou piquante et la couleur des spores qui est soit blanc pur (like chalk, dit l'auteur, blanche comme de la chaux), soit de la couleur crême pâle à la couleur crême bien caractérisée, soit de la couleur crême foncée à la couleur jaune d'ocre. Il y a certainement là un point délicat, et nous pensons que la distinction est souvent difficile à faire surtout entre le second et le troisième type de couleurs.

Il y a deux espèces nouvelles, *R. magna* et *R. pungens* sur les 48 qui sont décrites, et dans ce nombre, 22 sont également en France ; ce sont en particulier : *R. delica, adusta, nigricans, ochroleuca, emetica, fragilis, cyanoxantha, virescens, lepida, fœtens, xerampelina, aurata, alutacea.*

Léon Dufour

MILDRED NOTHNAGEL. — **Fecundation and formation of the primary endosperm nucleus in certain Liliaceæ** (*Botanical Gazette*, LXVI, n° 2, août 1918, avec 2 planches).

L'auteur débute en rappelant que de 1899 à 1902 de nombreux Mémoires ont paru sur la fécondation chez les végétaux (Guignard, 1891, Mottier, 1898, Nawaschine et Guignard, 1899, Strasburger, Ernst, Coulter, 1900, etc.).

L'ensemble de ces travaux a fait reconnaître définitivement chez les Angiospermes une double fécondation. Cette double fécondation est aussitôt interprétée diversement. Strasburger l'appelle bientôt fécondation générative et végétative, et Coulter (1911) résumant la littérature parue jusqu'alors sur la formation de l'endosperme (albumen) déclare ne plus hésiter à considérer celui-ci comme un gamétophyte, cet endosperme n'étant qu'un « simple tissu non différencié, non organisé qui, en fait, continue simplement les tissus du gamétophyte ».

Mais aucun des auteurs n'a porté son attention sur les modifications subies par la chromatine à travers les évolutions nucléaires qui se déroulent au moins jusqu'à la fin de la première division, ni surtout sur la persistance, si nette ailleurs chez d'autres organismes (p. ex. *Ascaris* *megalocephala* du cheval) de l'individualité et de l'indépendance des diverses chromatines apportées, ♂ par les anthérozoïdes, et ♀ par l'oosphère (et les noyaux polaires de l'endosperme) : tous, sauf Guignard, admettent que les deux chromatines ♂ et ♀ se fusionnent complètement en devenant indistinctes.

Par contre, pour les Gymnospermes, Ferguson (1901, 1904) chez *Pinus*, et Hutchinson (1915) chez *Abies*, ont étudié ces modifications, et l'auteur, dans la présente étude, entreprend un premier travail similaire pour les Angiospermes.

Ses recherches ont porté sur *Lilium Martagon* et *Trillium grandiflorum*, deux plantes classiques depuis longtemps, et successivement sur le noyau primaire de l'endosperme et sur l'œuf.

Pour le noyau primaire de l'endosperme les 3 noyaux constitutifs (les 2 noyaux polaires du sac et l'anthérozoïde) s'accolent et gardent leur aspect en grossissant, surtout l'anthérozoïde qui demeure vermiforme ; *leurs membranes de contact s'amincissent en persistant plus ou moins longtemps*, puis finissent par disparaître, mais même alors les 3 plages de chromatine fournies chacune par chacun des 3 noyaux demeurent ordinairement distinctes.

Plus tard se manifestent les stades successifs de la première prophase : spirème lâche, puis spirème condensé et enfin spirème fragmenté en chromosomes : *à chacun de ces stades, les 3 plages de chromatine puis pour le dernier, les 3 groupes de chromosomes se distinguent toujours plus ou moins aisement.*

Plus tard encore, des fibres ergastoplasmiques apparaissent, *qui ébauchent aussitôt dans le protoplasma un fuseau* tripolaire *sur chacune des branches duquel vient se placer un des 3 groupes de chromosomes, et finalement ce fuseau devient bipolaire normal.*

L'auteur n'a pu pousser plus loin ses recherches. En passant, elle note le nombre haploïde de chromosomes (6 chez *Trillium*), le nombre redevenu diploïde dès la première division, et enfin le nombre « triploïde » chez le noyau endospermique fécondé. Tous ces détails concordent exactement avec ceux que nous avons observés de notre côté chez *Lilium Martagon* et chez *Fritillaria imperialis.*

Pour l'œuf fécondé et sa première division, l'allure générale des phénomènes d'accolement et de « fusion » de l'oosphère et de l'anthérozoïde est parallèle à celle des mêmes phénomènes chez le noyau primaire de l'endosporme.

Chez *Lilium Martagon*, comme on peut le noter, l'anthérozoïde est seulement d'ordinaire plus petit et moins vermiforme que celui du noyau du sac *et les membranes nucléaires de contact disparaissent un peu plus tôt qu'entre les noyaux polaires et leur anthérozoïde.*

Ici encore, et du reste chez *Trillium*, les divers stades spirème *montrent encore ordinairement plus ou moins discernables 2 plages plus ou moins complexes de chromatine, puis 2 groupes de chromosomes.*

En outre, bien que l'anthérozoïde ne présente aucune trace de nucléole jusqu'à son adjonction à l'oosphère, bientôt ces corpuscules y apparaissent d'abord petits et souvent nombreux : ils font place ensuite à un seul nucléole, très gros cette fois, puis le tout disparaît à nouveau dès avant la première division.

Le fuseau achromatique de cette première division s'organise et les deux groupes de chromosomes s'y disposent en plaque équatoriale : mais l'individualité et l'indépendance de leur groupement ♂ et ♀ d'abord, de leurs unités ensuite persiste-t-elle aux stades subséquents? c'est ce que l'auteur ne peut dire, n'ayant pu, faute de matériel, pousser plus loin ses investigations.

Suit alors une longue discussion des travaux cités plus haut, sur le pollen ou le sac embryonnaire : l'auteur y examine les opinions favorables ou contraires à ses propres idées, et rectifie en particulier les assertions adverses, d'abord des anciens auteurs en général, puis de Ernst (1902) sur l'endosperme de *Trillium grandiflorum* et de *Paris quadrifolia*, et surtout de Sax (1916) sur l'endosperme de *Fritillaria pudica*.

Elle conclut : 1° à l'analogie évidente entre les faits signalés chez l'œuf et l'endosperme de ces deux Angiospermes et ceux signalés par Ferguson et Hutchinson chez les Gymnospermes ; 2° *à la persistance de l'individualité des chromosomes, comme à celle préalable des spirèmes et des plages de chromatine*, et par conséquent enfin : 3° à l'absence de « fusion » au sens strict de ce mot (perte de toute trace d'individualité) pour ces organites ou groupes d'organites.

(Les textes en caractères penchés (italique) représentent les propositions formulées par l'auteur dans le sommaire (summary) qui termine et résume son travail). Eugène LICENT

C. S. SARGENT. — **Notes on North American Trees. II.** *Carya. (Bot. Gaz.*, vol. LXVI ; 3, 1918).

Continuant la série de ses notes dendrologiques, l'auteur de *Trees and Shrubs of America* présente quelques remarques taxinomiques et géographiques sur les *Carya* des Etats-Unis. Aux quatorze espèces déjà connues il ajoute *C. leiodermis* n. sp., intermédiaire entre *C. ovalis* (Wangerheim) Sargent et *C. alba* Nutt : elle se distingue de la première par ses rameaux grêles et élancés et de la seconde par une écorce lisse, l'involucre épais du fruit, la couleur rougeâtre de l'amande et le tomentum pâle qui revêt la face inférieure des jeunes feuilles. C'est un arbre assez élevé (20- 25 m.) rencontré jusqu'ici dans les états suivants : Louisiane, Arkansas, Mississipi. Comme autres types nouveaux, Sargent décrit une quinzaine de variétés ou formes et trois hybrides non encore signalés : *C. Schneckii (C. alba × pecan), C. Nussbaumerii (C. laciniosa × pecan), C. Dunbarii (C. laciniosa × ovata).* A. P. ALLORGE

---

Nemours. — Imp. Henri BOULOY. *Le Gérant :* Henri BOULOY

# ÉTUDE

## SUR LA

# SEMENCE ET LA GERMINATION

## DU

# *GARCINIA MANGOSTANA* L.

**par M. Andreas SPRECHER**

## I. INTRODUCTION

La littérature concernant la germination des Guttifères n'est pas très étendue. Le premier qui parle de la germination de quelques espèces de cette famille est A. L. de Jussieu (1). Il se rapporte à Poiteau et Richard pour la germination de *Mammea*, où la plumule passe directement dans la radicule sans intermédiaire d'un hypocotyle et où la graine entière persiste sur le côté. Il trouve la même disposition latérale de la graine germante chez un échantillon d'une espèce de *Calophyllum* conservé dans un herbier. Roxburgh (2) mentionne dans la « *Flora indica* » la germination de *Garcinia Mangostana*. Il dit à ce sujet : Embryon simple, droit, filiforme, s'étendant de toute sa longueur à travers le centre du périsperme, on ne le distingue guère avant que la végétation commence ; une racine mince et caduque sort de sa base, tandis que la plumule écailleuse sort du sommet qui s'allonge rapidement. C'est elle qui donne naissance à la racine principale, directement de sa base, comme cela arrive chez les Palmiers. Dès que cela s'est produit la mince radicule primaire meurt ; il en va de même chez toutes les autres espèces de ce genre, comme aussi chez *Barringtonia* (1) et *Xanthochymus*.

---

(1) A. L. de Jussieu. Sur les caractères généraux des familles tirés des graines. *Ann. du Mus. d'hist. nat.*, T. 20, pp. 459-468. Paris (1813).

(2) Roxburgh. *Flora indica*, ed. 2, T. II, p. 620 (1852).

Miers (2) décrit la germination de *Xanthochymus dulcis* d'après les *Icones* de Wight qui elles-mêmes ont été faites d'après les dessins inédits de Roxburgh. La description de Miers correspond donc à celle donnée par Roxburgh pour *Garcinia Mangostana*. Seulement ce que Roxburgh nomme périsperme est pour Miers le « radicle » et ce que le premier considère comme embryon est désigné par le second sous le nom de « neorhiza ».

Dans le grand travail de Planchon et Triana (3) sur les *Guttifères*, ces auteurs ont figuré sur la planche 17, fig. 15 *a* et *b* du tome 14 et décrit dans le tome 16, p. 301, la germination du *Xanthochymus dulcis* que Engler indique comme étant *Garcinia pictoria* (Roxb.) Engl. (4).

Planchon et Triana ont constaté chez cette plante deux embryons soudés ensemble et ils affirment que ce phénomène se rencontre assez fréquemment.

Ce sont ces savants français qui ont reconnu la vraie nature de la graine des Garciniées : « Le corps principal de la graine consiste en une tigelle bulbiforme, jouant en très grande partie le rôle de corps nutritif, c'est-à-dire physiologiquement comparable aux cotylédons charnus et à l'albumen d'autres graines ».

La description qu'ils donnent de la germination de *Xanthochymus dulcis* concorde avec celle de Roxburgh et Miers. Elle est cependant plus détaillée, ce qu'exige la nouvelle interprétation de la graine.

John Lubbock (5) donne de courtes descriptions morphologiques des plantules de *Xanthochymus pictorius* Roxb., *Calophyllum inophyllum* L. et de *Mesua ferrea* L.

La plante que cet auteur décrit comme étant *Xanthochymus*

---

(1) *Barringtonia* est une Lécythidacée.

(2) J. Miers. Observations on the structure of the seed and peculiar form of the embryo in the Clusiaceae. *Transactions of the Linn. Soc. of London*, T. 21, p. 243, (1855).

(3) J.-E. Planchon et J. Triana. Mémoire sur la famille des Guttifères. *Ann. d. sc. nat.*, Paris, sér. 4, T. 13, pp. 306-376 (1860); T. 14, pp. 226-367 (1860); T. 15, pp. 240-319 (1861); T. 16, pp. 263-308 (1861).

(4) Engler et Prantl. Die natürl. Pflanzenfam., III. Teil, Abt. 6 et 6a, p. 194 — A. Engler. — *Guttiferae*.

(5) J. Lubbock. A contribution to our knowledge of seedlings. London (1902), p. 232.

*pictorius* ne correspond nullement à ce que d'autres auteurs indiquent comme *Xanthochymus*, nom que l'on considère aujourd'hui comme synonyme de *Garcinia* ou constituant une section de ce genre.

D'après Lubbock, *Xanthochymus* possède de grands cotylédons charnus qui remplissent les semences et ne quittent pas le test pendant la germination, tandis que d'après Van Tieghem (1), *Xanthochymus* ne possède pas de cotylédons, mais seulement une tigelle tubériforme. Le *Xanthochymus* de Lubbock paraît donc être plutôt une Calophyllée qu'une Garciniée.

L'anatomie des plantules des Guttifères n'a, sauf erreur, jamais été l'objet d'une investigation de la part des botanistes (2). Il est vrai cependant que Van Tieghem (3) mentionne les plantules des Guttifères à propos de ses recherches sur le système sécréteur des plantes.

## II. FRUIT ET SEMENCE

*Le fruit.* — Le mangoustan, le « manggis » des Javanais, possède un fruit bacciforme arrondi, d'un diamètre de 5-7 cm., d'une couleur lie-de-vin. Le pistil n'ayant pas de style, le stigmate repose directement sur le sommet du fruit où il est divisé en autant de grands lobes que la pulpe contient de compartiments. Les indigènes de Java s'amusent à couper les traces du stigmate et à faire deviner combien le fruit a de quartiers.

Le péricarpe coriace peut présenter jusqu'à un cm. d'épaisseur. On peut le couper facilement avec un couteau. C'est surtout le mésocarpe qui est épais et d'une magnifique couleur rouge carmin. En dedans de cette enveloppe se trouvent des quartiers pulpeux sucrés et aromatiques d'un blanc de neige, offrant l'aspect d'une mandarine dépouillée de son écorce. Les quartiers n'en sont toutefois pas aussi réguliers, puisque les uns contiennent des semences bien constituées et les autres pas. Lorsque le fruit mûr a été ouvert, le contraste des couleurs rouge et blanche est très agréable à l'œil. Les Javanais, pour désigner des lèvres vermeilles qui laissent entrevoir des dents étincelantes, disent : une bouche comme un mangoustan entr'ouvert (1). La saveur de ce fruit tient tout ce que promet son apparence, il a un goût exquis et Lanessan (2) a parfaitement raison lorsqu'il dit que « c'est sans conteste le meilleur et le plus apprécié des fruits des pays tropicaux ».

---

(1) PH. VAN TIEGHEM. Second mémoire sur les canaux sécréteurs des plantes. *Ann. d. sc. nat.*, Paris, sér. 7, T. 1, pp. 37-53 (1885).

(2) Je me suis trompé. Monsieur le professeur BONNIER a eu l'amabilité d'attirer mon attention sur un travail fait dans ses laboratoires voilà dix ans par G. BRANDZA : « Recherches anatomiques sur la germination des Hypéricacées et des Guttifères. » *Ann. d. sc. nat., Bot.*, 9. sér., T. 8, pp. 221-300, (1908).

Ce travail est une étude comparée des embryons et de leur germination. Je regrette de l'avoir ignoré et j'y ferai allusion en notes là où les observations de Brandza concordent avec les miennes ou les contredisent.

(3) PH. VAN TIEGHEM. Les canaux sécréteurs des plantes. *Ann. d. sc. nat.* Paris, sér. 5, T. 16, pp. 174-181 (1872).

L'écorce du fruit mûr est formée d'un épiderme assez résistant et subérifié, au-dessous duquel se trouvent premièrement huit à dix assises d'un tissu collenchymateux, puis douze à quinze assises de cellules sclérenchymateuses. Ces deux régions constituent avec l'épiderme les parties les plus solides de la coque ; le reste, soit une épaisseur de plusieurs millimètres, est composé de grandes cellules parenchymateuses qui possèdent des membranes cellulosiques épaissies. Ces dernières sont par place un peu lignifiées, surtout à l'endroit où elles touchent aux espaces intercellulaires. Le tissu collenchymateux, en dehors de l'anneau sclérenchymateux et le tissu parenchymateux en dedans de celui-ci, contiennent de nombreux canaux sécréteurs qui parcourent l'écorce dans le sens de la longueur. Certains de ces canaux sont situés immédiatement au-dessous de l'épiderme et ce sont sans doute ces éléments-là qui déversent leur contenu au dehors dans le cas où l'épiderme a été blessé. On trouve souvent des fruits auxquels adhèrent des gouttelettes de latex jaune coagulé. Les fruits complètement mûrs ne contiennent plus de latex. Celui-ci a été résorbé, il entre donc certainement pour une part dans la formation de la magnifique couleur rouge-carmin du mésocarpe, car aussi longtemps que la production du latex n'a pas cessé, la coloration n'est que d'un rose pâle. Il serait intéressant de chercher comment le latex entre ici de nouveau dans la circulation et comment il prend part à la production de la couleur rouge définitive.

Le diamètre des canaux sécréteurs devient plus considérable vers l'intérieur de l'écorce. Les canaux extérieurs ont un diamètre qui varie entre 50 et 100 μ ; les canaux intérieurs sont deux fois plus grands. L'écorce est parcourue non seulement par des canaux sécréteurs, mais encore par de petits faisceaux libéro-ligneux, dont le diamètre est à peine plus grand que celui des cellules parenchymateuses. Ces éléments fibro-vasculaires constituent les ramifications des différents groupes de faisceaux carpellaires qui, dans le fruit à l'état jeune, marquent la limite entre le mésocarpe et l'endocarpe, comme nous le verrons dans la suite.

---

(1) « Lambe manggis karengat ».

(2) J. L. de Lanessan. Les plantes utiles des colonies françaises. Paris (1886), p. 748.

La pulpe blanche et succulente enveloppe complètement une amande, rappelant comme forme et comme grandeur un noyau de prune. Cette pulpe est considérée par les uns comme endocarpe (Planchon et Triana) et par les autres comme arille, c'est-à-dire une hypertrophie des tissus du funicule (Engler). Dans ce dernier cas l'arille s'adapterait finalement à la paroi de la loge ovarienne et envelopperait entièrement la semence.

A priori on pourrait admettre cette dernière manière de voir ; mais quand on examine le développement du fruit dès son origine, on est amené à justifier entièrement le point de vue de Planchon et Triana, à moins que l'on ne donne au mot arille une signification qui n'est pas contenue dans la définition de ces deux derniers auteurs.

Comment se forme-t-elle, cette pulpe blanche, cet endocarpe qui à l'état mûr est non seulement nettement séparé du mésocarpe, mais encore fractionné en plusieurs quartiers et soudé au tégument de la semence ?

A la base de la fleur non encore épanouie nous trouvons dans l'axe plusieurs groupes de faisceaux fibro-vasculaires dont le nombre correspond au nombre des carpelles. Chaque groupe forme en entrant dans l'ovaire un cercle plus ou moins parfait, le xylème étant tourné vers l'intérieur et le phloème vers l'extérieur (fig. 1).

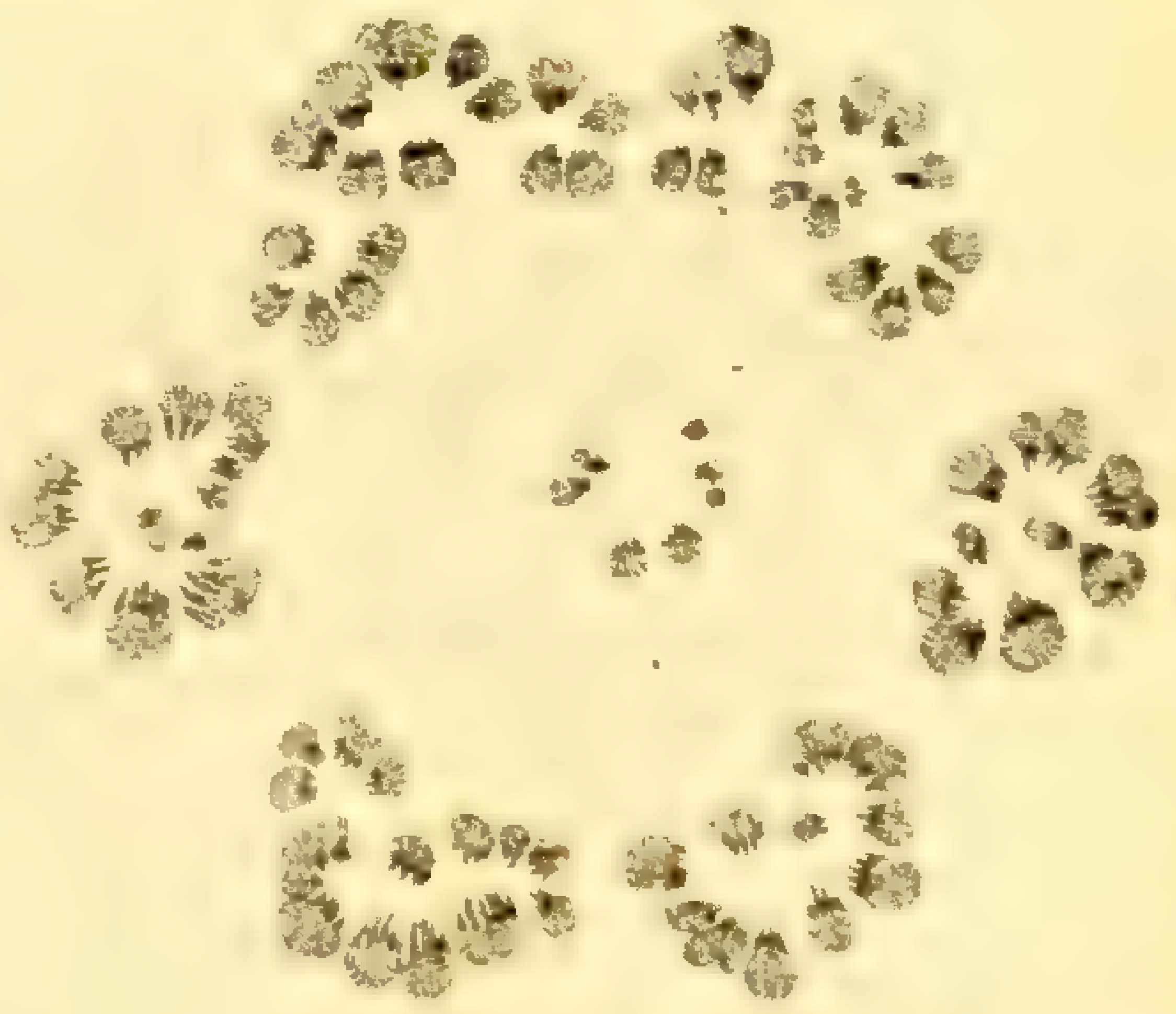


**Fig. 1.** — Section transversale schématisée des faisceaux libéro-ligneux à la base du jeune ovaire ; il y a autant de groupes que de carpelles (grossissement 13).

Plus haut les faisceaux de chaque anneau s'écartent et au centre apparait la loge ovarienne. La fig. 2 montre la disposition des faisceaux à cet endroit dans l'ovaire. Il y a dans chaque groupe deux

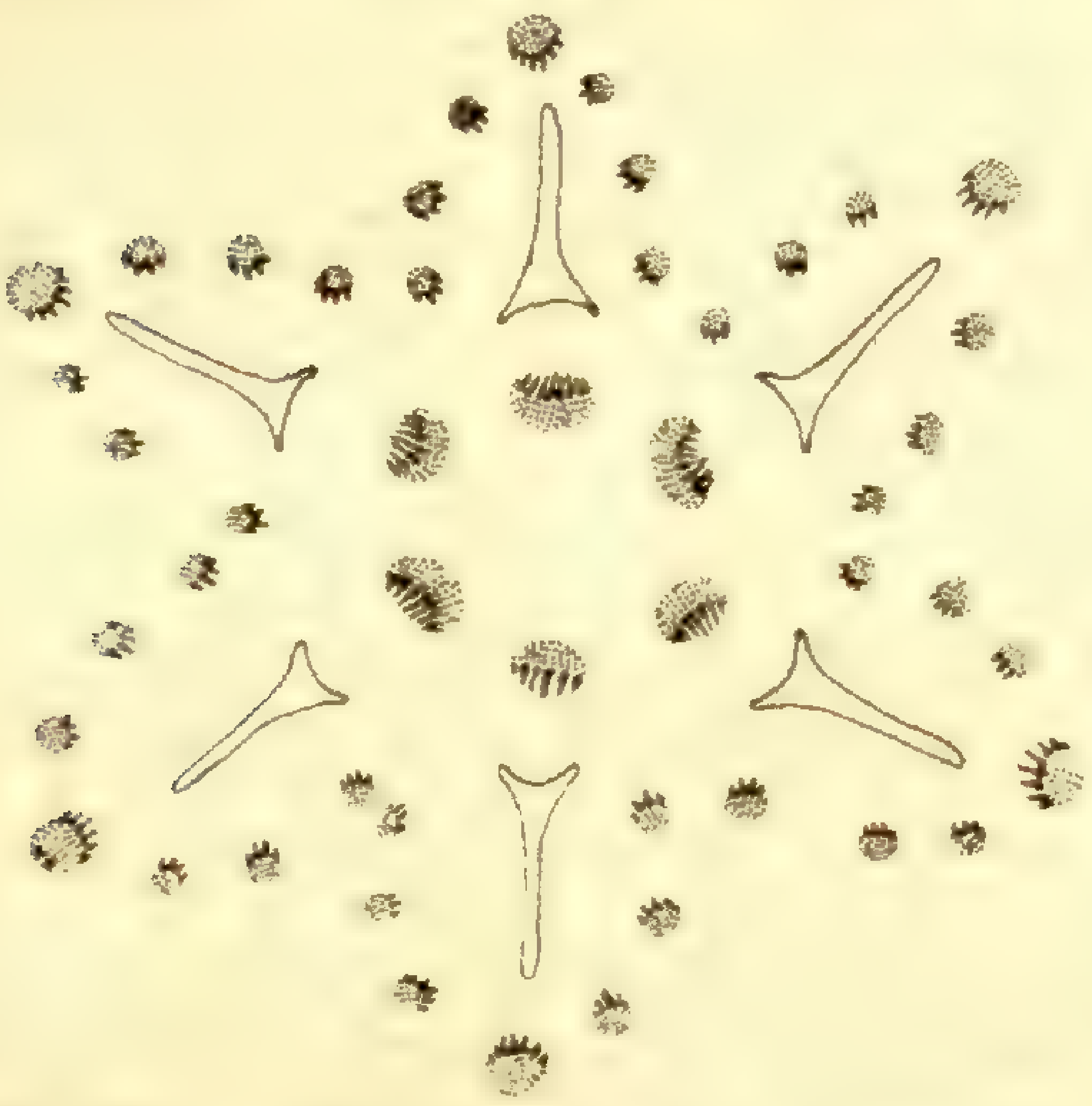


Fig. 2. — Disposition des faisceaux libéro-ligneux dans le jeune ovaire coupé transversalement à la base des loges ovariennes ; les faisceaux de chaque groupe s'écartent (gr. 13).

faisceaux plus forts que les autres : l'extérieur, c'est-à-dire celui qui représente la nervure médiane de la feuille carpellaire, et l'intérieur, c'est-à-dire celui qui se constitue à l'endroit où les deux bords de la feuille carpellaire se soudent, endroit désigné généralement sous le nom de placenta. Ce faisceau interne s'écarte dans la suite de plus en plus des autres qui eux se portent vers l'extérieur, et il forme avec les faisceaux placentaires des autres groupes un cercle intérieur, dont les éléments ligneux sont tournés vers l'extérieur par rapport à l'ensemble de l'ovaire. Les faisceaux de ce cercle intérieur vont dans les ovules (fig. 3). Par ce fait l'on ne trouve plus d'autres faisceaux libéro-ligneux en dedans du grand cercle qui entoure les

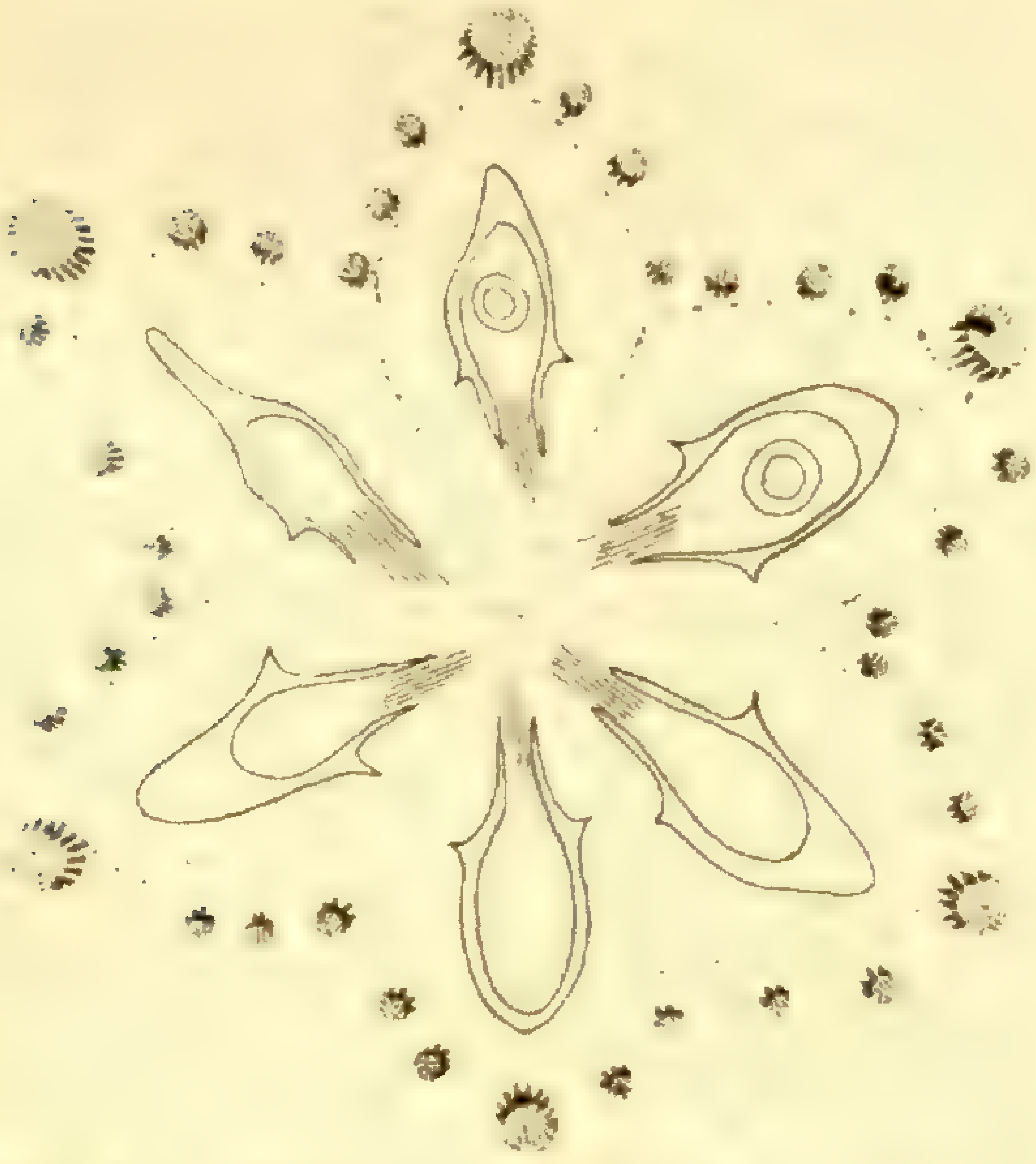


Fig. 3. — Section transversale schématisée des faisceaux libéro-ligneux dans le jeune ovaire à l'endroit où les faisceaux internes passent dans les ovules : les lignes pointillées marquent la différenciation future des quartiers pulpeux, les lignes croisées indiquent en même temps la limite des carpelles (gr. 13).

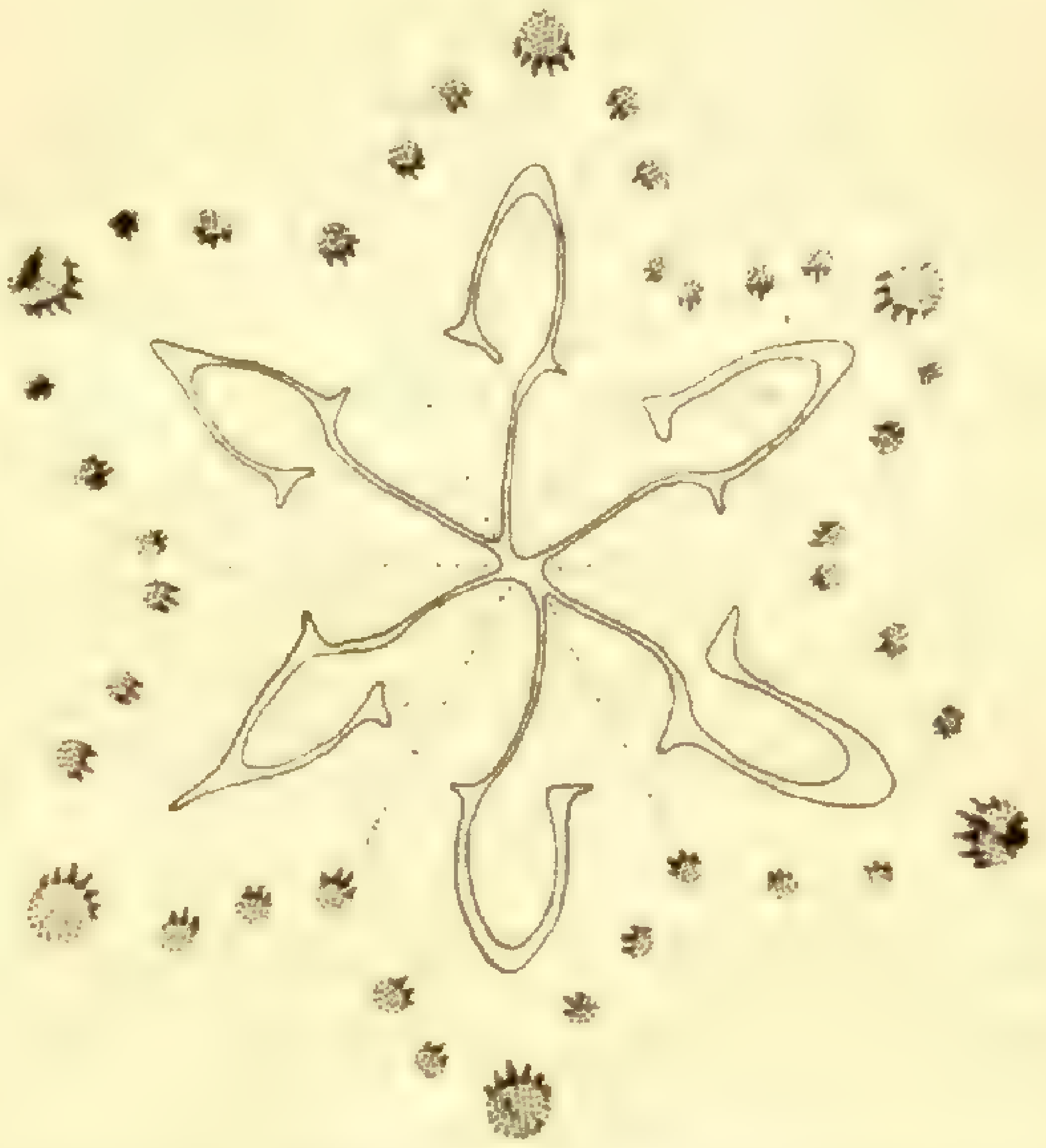


Fig. 4. — Section transversale schématisée montrant la disposition des faisceaux libéro-ligneux et des ovules dans un jeune ovaire, où les loges ovariennes s'ouvrent vers une petite cavité au milieu de l'ovaire. Les lignes pointillées ont la même signification que dans la figure 3 (gr. 13).

loges ovariennes. Ce grand cercle n'est pas autre chose que l'ensemble des faisceaux carpellaires extérieurs, et tous les éléments libéro-ligneux que l'on rencontrera ultérieurement dans le mésocarpe dérivent d'eux.

Une section transversale plus haut encore montre les loges carpellaires s'ouvrant vers une minuscule cavité au milieu de l'ovaire (fig. 4). Le tissu autour des loges parait de bonne heure assez caractéristique et se distingue nettement de celui en dehors de la ceinture des faisceaux libéro-ligneux par une consistance plus tendre, une couleur plus claire et plus transparente. Sur une section transversale on aperçoit fort bien la disposition de ce tissu en forme d'étoile ou à un stade plus avancé en forme de rosace (fig. 5). Ses cellules ont des membranes minces et de grands noyaux. Il n'y a pas d'espaces intercellulaires, tandis qu'en dehors de la ceinture des faisceaux, les membranes cellulaires sont beaucoup plus épaisses, et les espaces intercellulaires très grands. Il est clair que la fonction de ces deux catégories de cellules doit être différente. Les premières sont organisées en vue des réserves sucrées ; ce sont elles qui formeront la pulpe qui pendant longtemps reste attachée intimement au mésocarpe. On peut acheter parfois sur le marché des fruits mal mûrs, où la séparation entre mésocarpe et endocarpe n'a pas encore eu lieu. Le détachement se fait parmi les cellules de la seconde catégorie, c'est-à-dire parmi celles à très grands espaces intercellulaires ; ceux-ci en s'accentuant finissent par séparer les cellules de l'endocarpe de celles du mésocarpe qui constituent une enveloppe protectrice pour les premières.

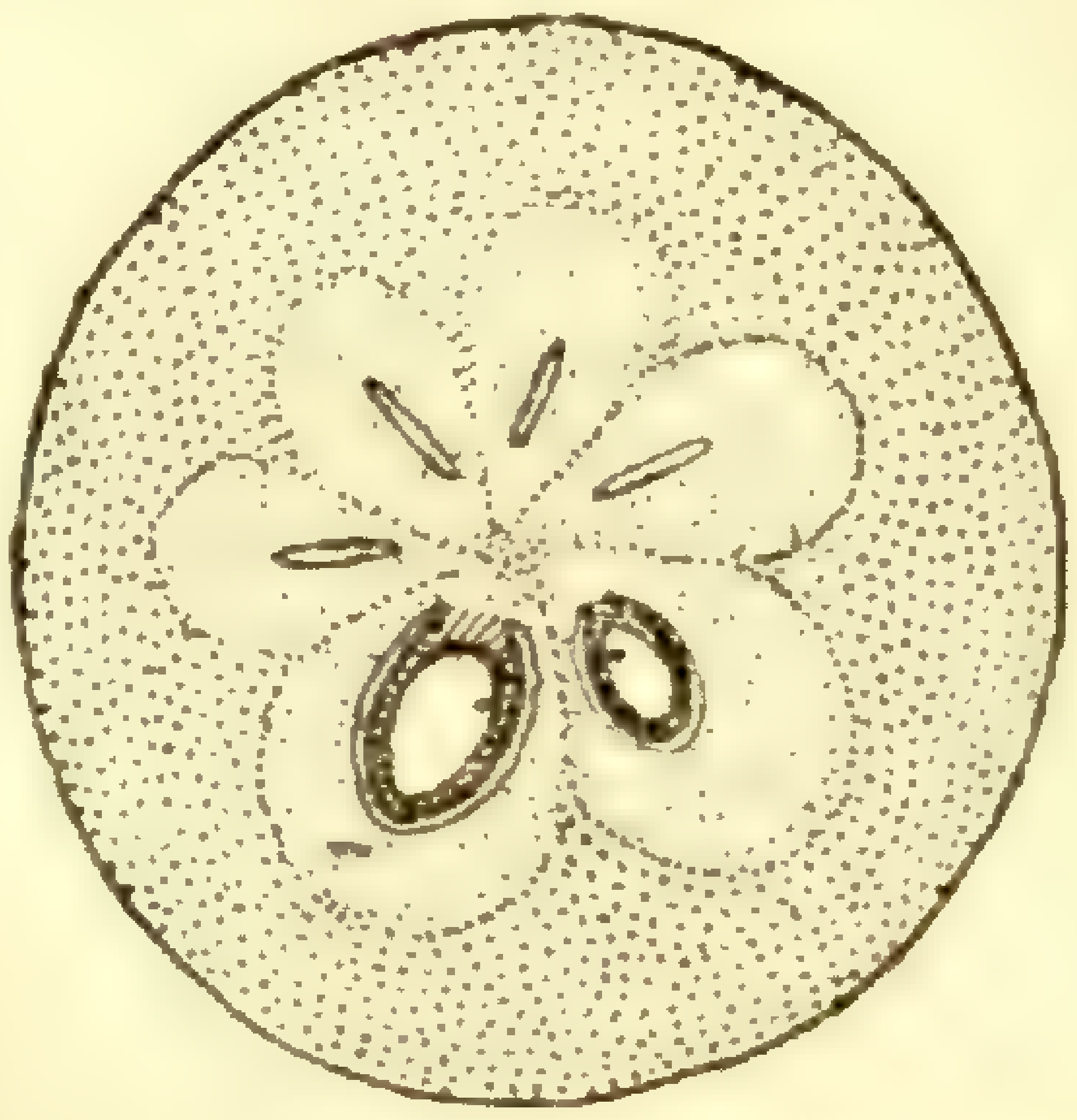


Fig. 5. — Section transversale dans un fruit montrant la disposition des quartiers pulpeux. 4 des 6 semences sont avortées. Dans deux ovules en voie de croissance on remarque des embryons adventifs (gr. nat.).

Le même phénomène de séparation se produit entre les différents quartiers de l'endocarpe. La démarcation entre les carpelles est faite déjà à l'état jeune (fig. 3 et 4) par une ligne qui part du centre, passe entre les loges ovariennes et rejoint la région des faisceaux libéro-ligneux du mésocarpe. Sur cette ligne les cellules ont aussi des membranes épaissies, et les méats sont grands. Ces derniers s'agrandissent encore beaucoup jusqu'à maturité du fruit, les cellules se séparent finalement les unes des autres et la disjonction des quartiers est ainsi réalisée.

L'augmentation du volume de la pulpe n'est pas due, à partir d'un certain stade, à une multiplication de cellules, mais seulement à une croissance excessive des cellules existantes. Ce sont en particulier les cellules de la 8^e^, 9^e^ ou 10^e^ couche à partir du bord intérieur de l'endocarpe qui s'allongent démesurément (Pl. 6, fig. I et fig. 6 dans le texte); elles peuvent atteindre au moment de la maturité du fruit une longueur de plusieurs mm. (fig. 7). A la périphérie de la pulpe, les cellules sont moins grandes, là elles sont plus ou moins écrasées contre les couches les plus internes du mésocarpe.

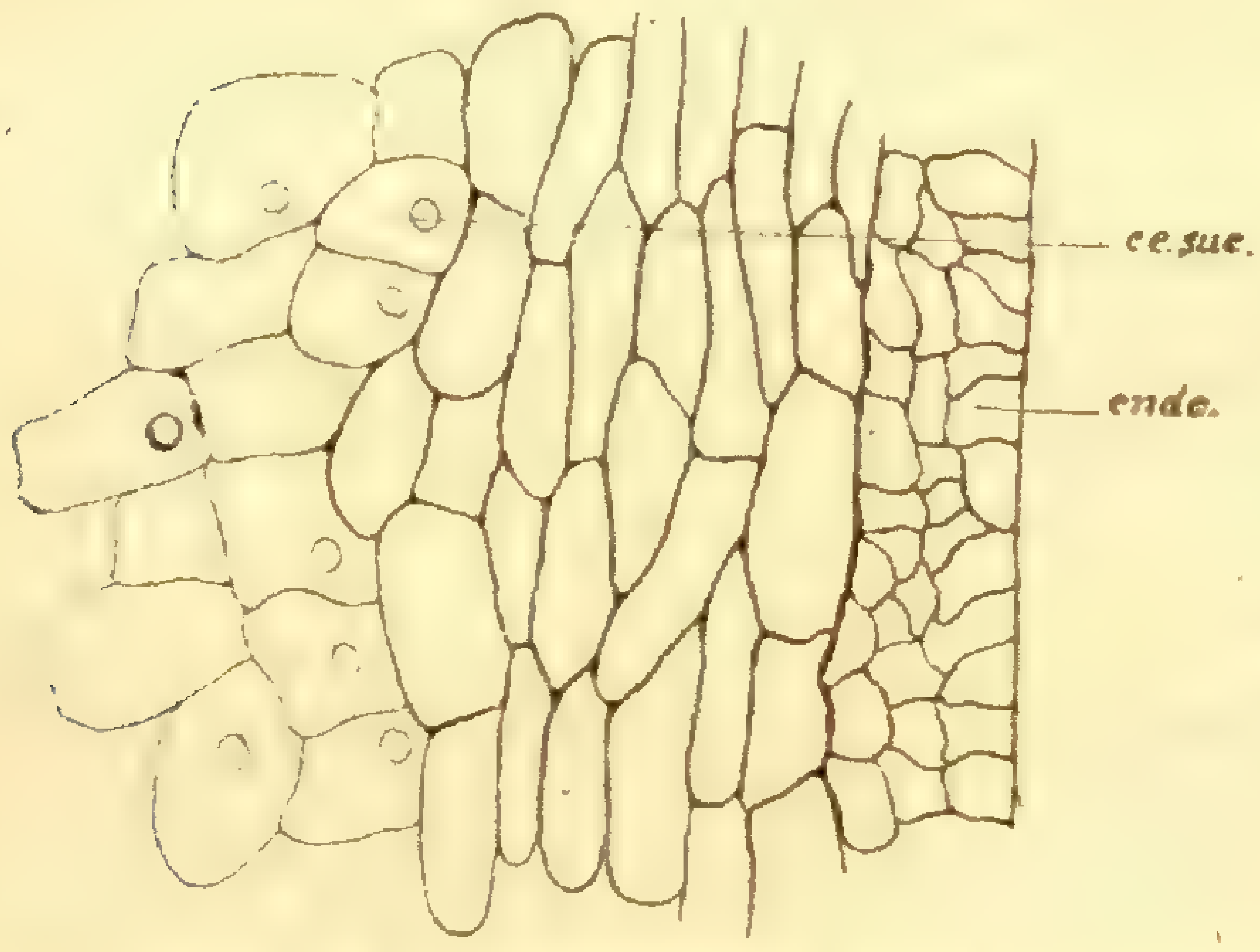


Fig. 6. — Section transversale dans l'endocarpe d'un jeune ovaire; *ce. suc.*, cellules qui donnent dans la suite les grandes cellules à suc; *ende.*, assise endocarpique qui se soude au tégument (gr. 290).

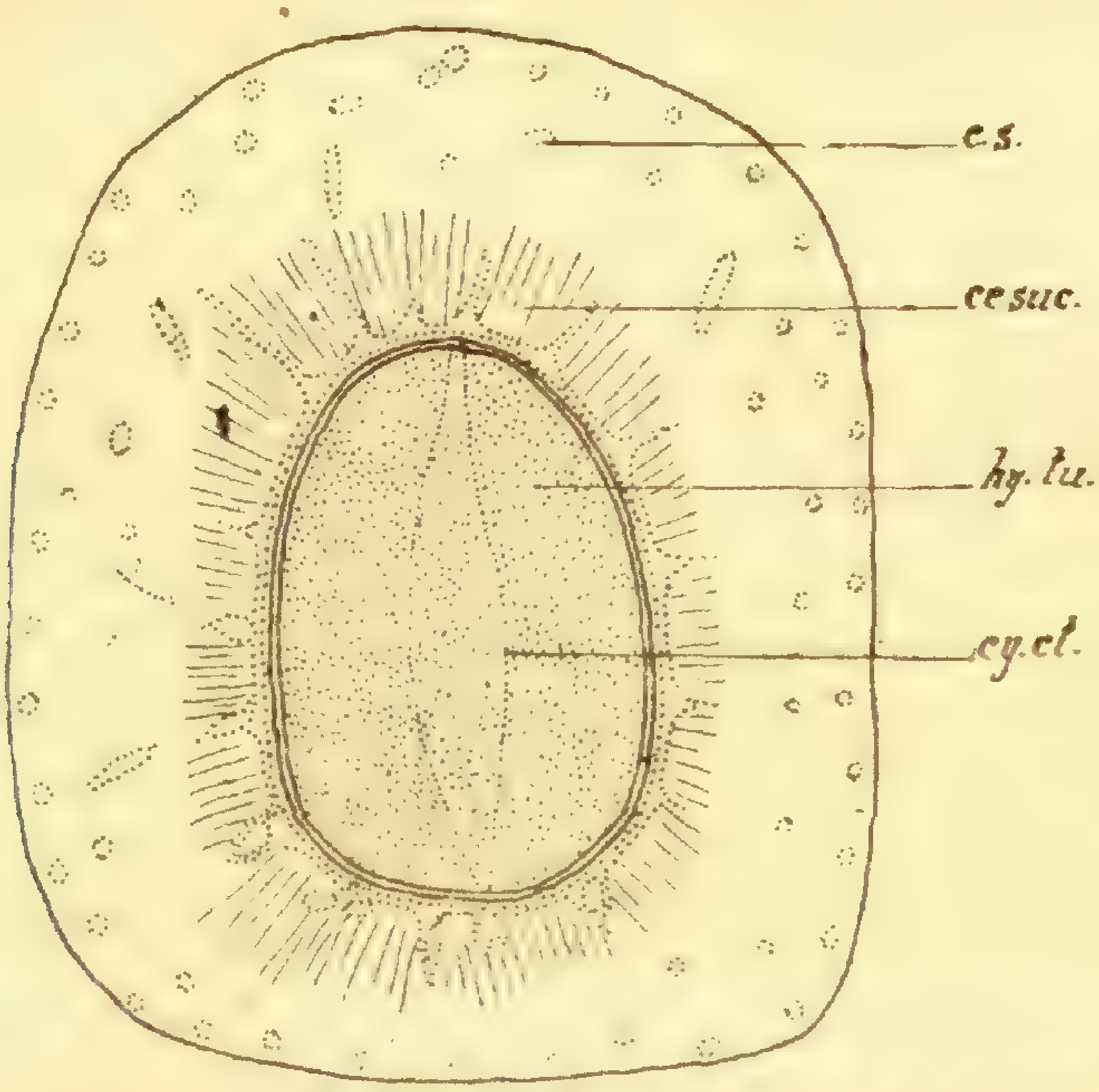


Fig. 7. — Section longitudinale schématisée dans la pulpe et la semence; *c. s.*, canal sécréteur; *ce. suc.*, grandes cellules à suc; *hy. tu.*, hypocotyle-tubercule; *cy. ct.*, cylindre central de l'hypocotyle (gr. 2).

Des canaux sécréteurs parcourent la pulpe dans tous les sens. On peut les observer déjà dans l'ovaire à l'état très jeune, par exemple lorsque celui-ci n'a encore qu'un diamètre de 5 mm. Dans le fruit mûr ils augmentent en nombre et en grandeur. A la maturité ils sont bordés de cellules à membranes très minces. En dehors de ces cellules épithéliales se rencontrent quelques assises de cellules isodiamétriques, puis vient une couche de très grandes cellules qui rayonnent autour du canal sécréteur, avec lequel elles sont sans doute en relation de cause à effet (fig. 8).

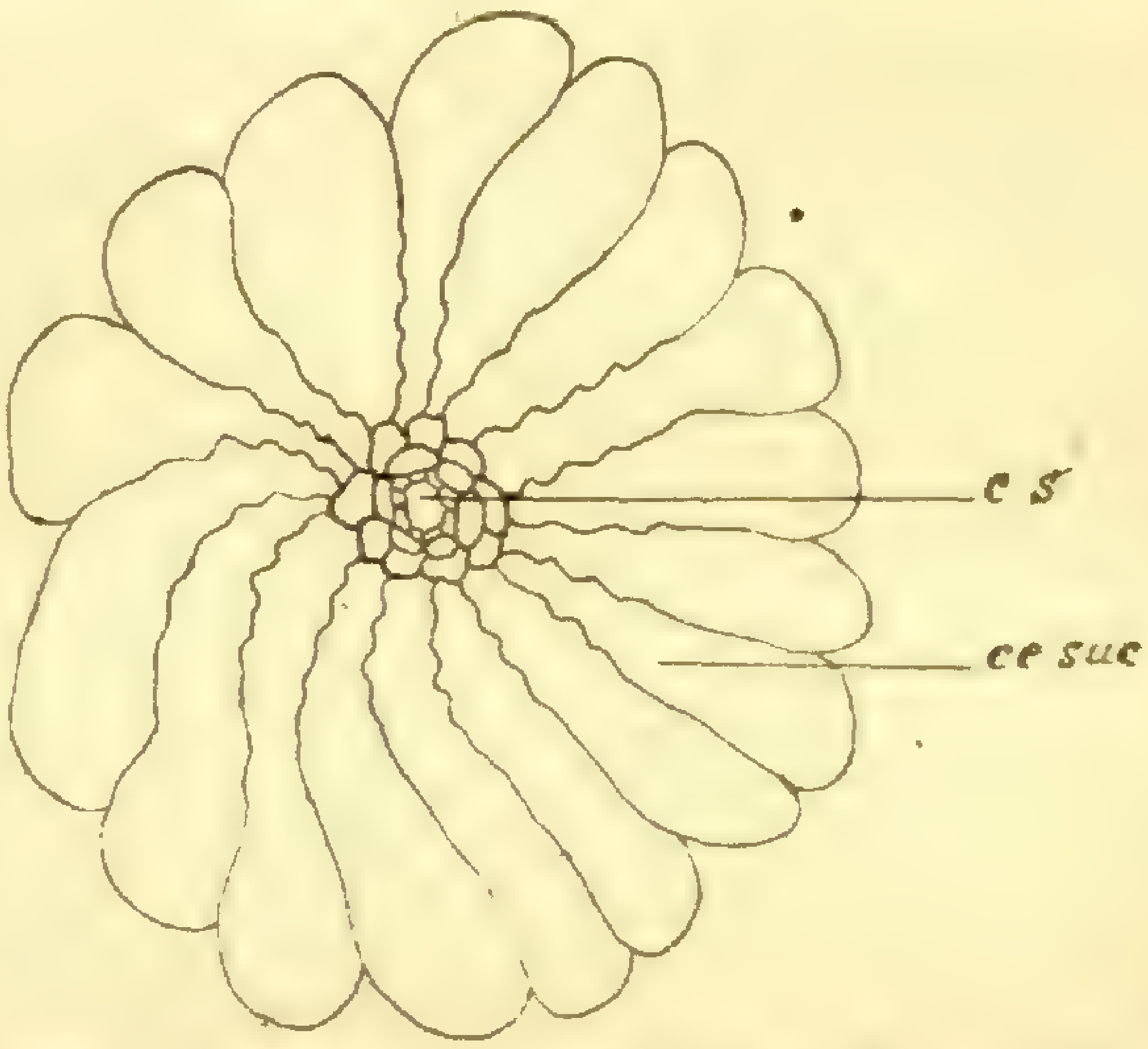


Fig. 8. — Section transversale d'un canal sécréteur (*c. s.*) entouré de grandes cellules à suc (*ce. suc.*); (grossissement 57).

Les grandes cellules dont la membrane mince se plisse à mesure que la turgescence diminue sont donc séparées du tégument de la semence par quelques couches de cellules plus ou moins écrasées à membranes épaissies et par de nombreux canaux sécréteurs (fig. 6 et 9). La dernière couche de l'endocarpe, qui à l'état jeune est constituée par de grandes cellules, se divise et forme finalement plusieurs assises de cellules à membrane épaissie, dont la plus interne se soude à l'épiderme du tégument. Il n'est pas facile de distinguer *a priori* ce qui appartient au fruit et ce qui doit être attribué à la semence. L'assertion de Planchon et Triana que la pulpe se sépare aisément du test lisse de la graine, demande une correction dans ce sens que la pulpe s'enlève avec le tégument et l'amande de la semence reste à nu.

Il serait quelque peu osé de vouloir tirer des conclusions basées sur les seules différences de coloration telles qu'on peut réellement les observer sans avoir étudié le développement des tissus. Ainsi la coloration d'après Mann (éosine et bleu de toluidine) colore le tégument en bleu et les couches les plus intérieures de l'endocarpe en vert, le réactif genevois (rouge congo et chrysoïdine) colore les dernières en jaune et donne au premier une teinte rouge. Le tégument est donc dans son ensemble cellulosique, tandis que les couches internes de l'endocarpe ne sont ni cellulosiques, ni lignifiées, ni subérifiées, bien qu'elles se colorent avec certaines matières comme le bois et le suber (en jaune avec le réactif genevois et en vert avec le colorant de Mann). Mais les colorations caractéristiques du bois et du suber ne se réalisent pas (jaune avec le sulfate d'aniline, rouge avec l'acide chlorhydrique et le phloroglucine et rouge orange avec le soudan). Nous sommes probablement en présence de membranes imprégnées de gomme-gutte ou d'une substance analogue. Les différentes colorations viennent donc confirmer de manière très appréciable les résultats que nous donne l'étude du développement des tissus.

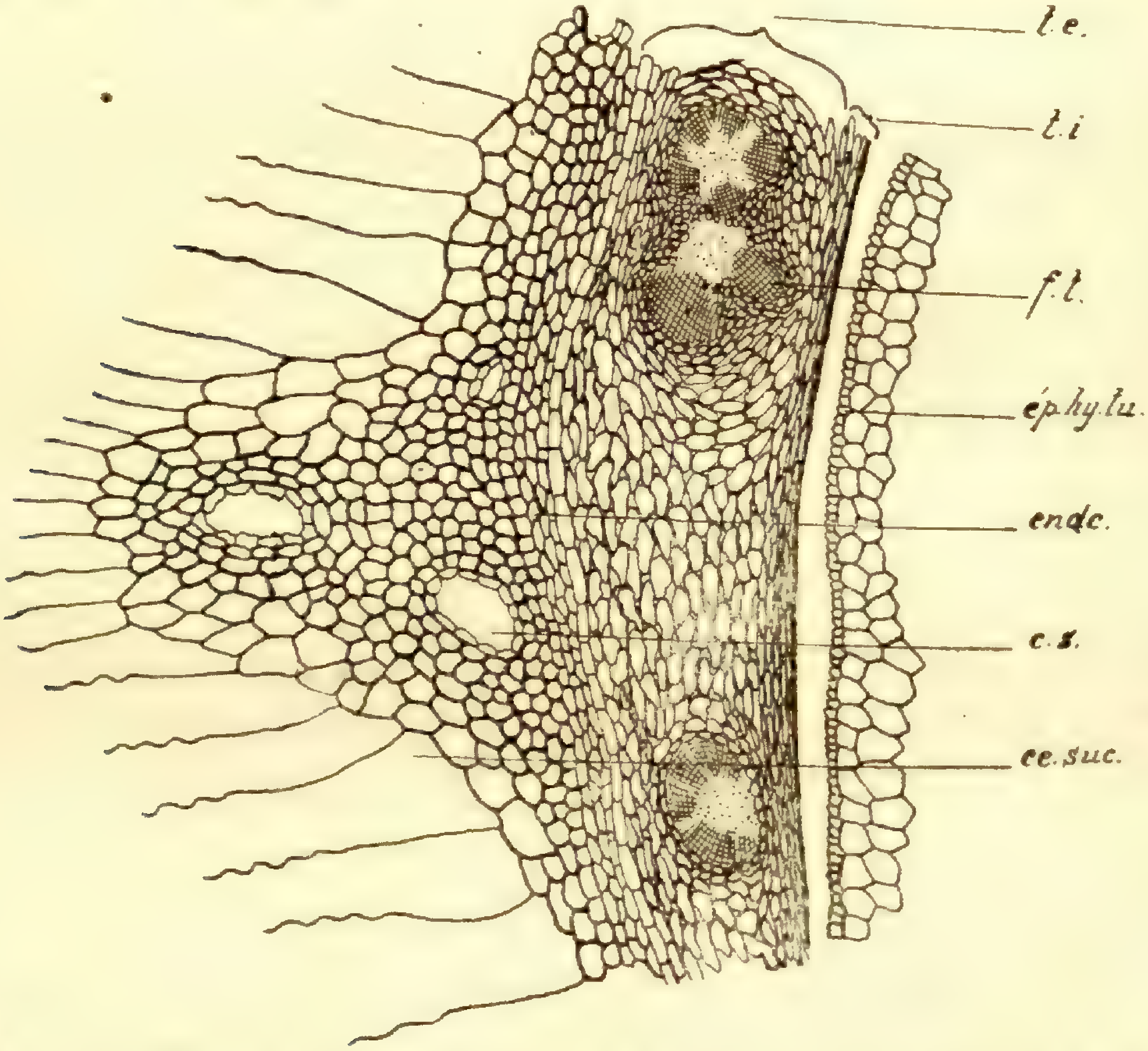


Fig. 9. — Section longitudinale à la limite du tégument et de la pulpe ; *t. e.*, tégument extérieur ; *t. i.*, tégument intérieur ; *f. t.*, faisceau libéro-ligneux du tégument ; *ép. hy. tu.*, épiderme de l'hypocotyle-tubercule ; *endc.*, endocarpe soudé au tégument ; *c. s.*, canal sécréteur ; *ce. suc.*, grandes cellules à suc de la pulpe (grossissement 93).

Il paraît certain que, soit les cellules de l'endocarpe, soit celles du tégument, doivent garder jusqu'à la maturité du fruit leur perméabilité, car la semence n'est pas exclusivement nourrie de substances que lui apporte le faisceau funiculaire, mais toute la structure parle en faveur d'une nutrition de la semence aussi par les cellules de l'endocarpe.

On rencontre très rarement des fruits où tous les quartiers sont également développés ; les plus volumineux de ces derniers contiennent généralement une semence bien constituée. Parfois la pulpe grandit tandis que toutes les semences avortent complètement, nous avons donc parthénocarpie ; d'autres fois téguments et pulpe grandissent sans que le germe se développe, et dans ce cas nous sommes en présence de ce que l'on nomme phénospermie. Nous verrons plus loin comment on peut interpréter ces différents phénomènes.

*La semence.* — C'est Planchon et Triana, comme nous l'avons déjà dit, qui ont reconnu la vraie nature de la semence. Avant ces auteurs français, le germe était considéré tantôt comme un embryon avec deux gros cotylédons soudés ensemble (Jussieu 1789, Choisy 1822, Cambessedes 1827, Endlicher 1836), tantôt comme un embryon entouré d'un albumen volumineux (Gaertner 1791, Martius) (1). Richard (1811) et surtout Miers (1855) se sont rapprochés davantage de la vérité. Ces deux auteurs ont considéré le germe comme une radicule, mais depuis Planchon et Triana nous savons que c'est un hypocotyle tubéreux. Il n'a pas trace de radicule, par contre il possède deux minuscules bourrelets à l'endroit légèrement enfoncé où la tigelle sortira du tubercule. On pourrait le cas échéant interpréter ces bourrelets comme deux cotylédons. Le tout a en général la grandeur et la forme d'une amande (longueur : 2-2,5 cm., largeur : 1,5-2 cm. et épaisseur : 0,7-1,2 cm.). Il y a d'arbre à arbre de légères variations de forme parmi les tubercules. La couleur en est toujours d'un brun clair.

Les ramifications du faisceau funiculaire dans le tégument s'impriment sur l'hypocotyle en sorte que celui-ci n'a pas une surface lisse, mais présente des rainures qui partent du hile (fig. 20 et 21). Une section pratiquée dans la semence montre les ramifications du faisceau dans le tégument (fig. 9 et Pl. 6, fig. I). Avec la maturation du fruit ce sont surtout les hydrocytes qui augmentent ; les substances de réserve sont apportées des cellules de la pulpe au germe par voie d'osmose. Xylème et phloème des faisceaux sont orientés très différemment, parfois le bois est tourné vers le nucelle et le liber en dehors, comme c'est le cas chez les Angiospermes, d'autres fois c'est l'inverse comme chez les Gymnospermes.

---

(1) Voir la bibliographie chez Miers, *loc. cit.*

L'hypocotyle-tubercule mûr possède un épiderme à petites cellules (diamètre ± 10 μ), dont la moitié extérieure des anticlines est cutinisée. Rien dans la pulpe ni dans la semence n'est cutinisé ni subérifié, sauf ce point de jonction des cellules épidermiques du germe.

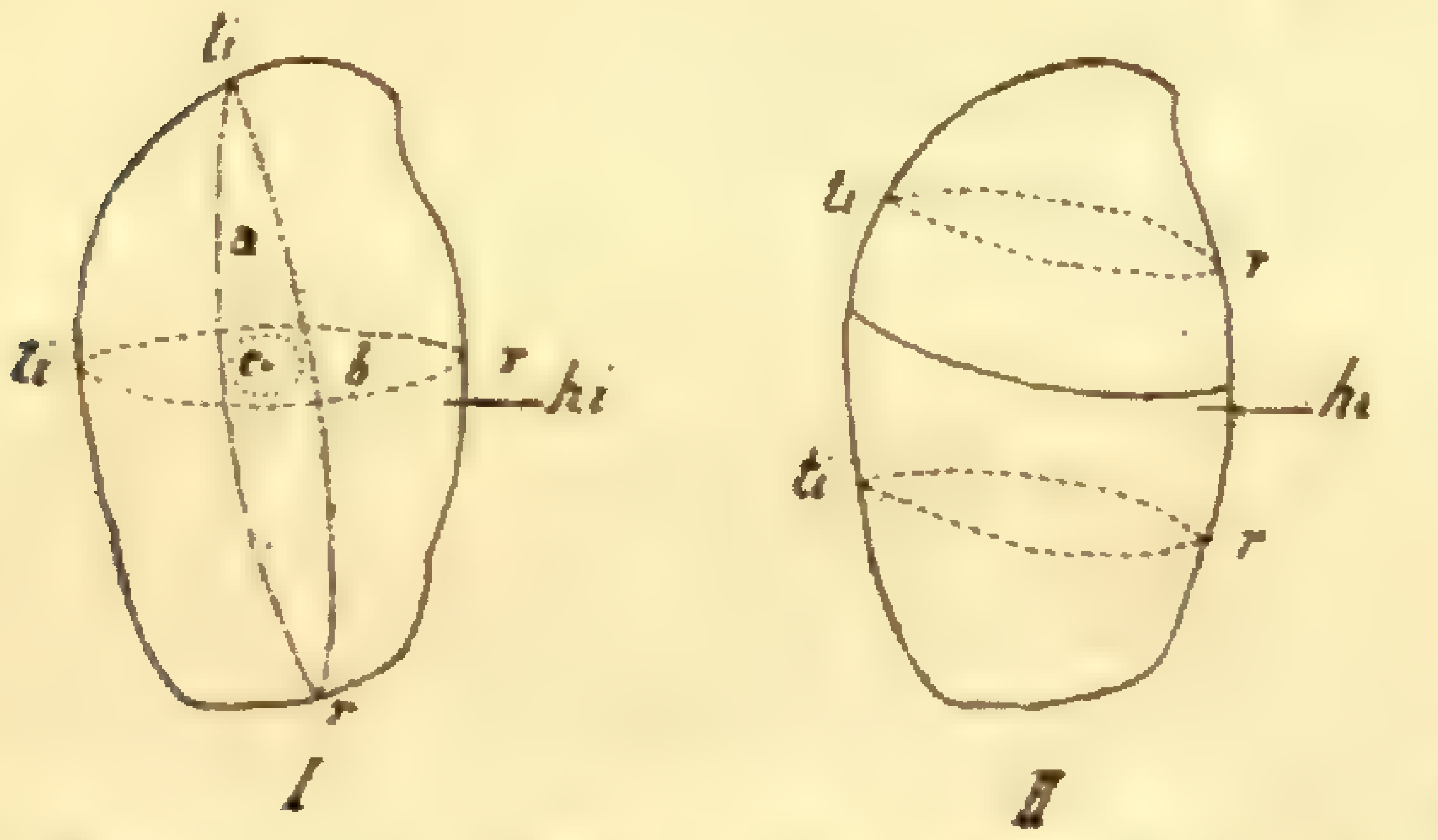


Fig. 10. — I. Orientation différente du cylindre central dans les germes : *a*, ± dans l'axe de la longueur ; *b*, ± dans l'axe de la largeur ; *c*, ± dans l'axe de l'épaisseur.
II. Orientation des germes dans les tubercules doubles : *ti.*, tigelle ; *r.*, radicule ; *hi.*, hile (grandeur naturelle).

Le cylindre central ne se trouve pas toujours dans le sens de la longueur de l'hypocotyle. Si l'on oriente ce dernier longitudinalement de manière à ce que le hile, ou au moins l'endroit reconnu comme tel, se trouve à droite, nous rencontrons alors le cylindre central dans un grand nombre de cas partant de la droite en bas et allant vers la gauche en haut (fig. 10, I *a*) ; mais il n'est pas toujours situé dans le sens de l'axe de la longueur. Parfois il est franchement oblique ou dans le sens de l'axe de la largeur (fig. 10, I *b*). Dans certains cas observés par moi il se trouve même dans la position de l'axe de l'épaisseur, c'est-à-dire perpendiculaire à la longueur et à la largeur, se rapprochant quelquefois de l'axe de la largeur (fig. 10, I *c*). Cette dernière position est presque toujours réalisée lorsque l'hypocotyle-tubercule est constitué par deux embryons, ce qui se voit assez fréquemment (fig. 10, II). L'un est presque toujours plus volumineux que l'autre. J'en ai même rencontré jusqu'à trois, le troisième étant beaucoup plus petit que les autres. Ils adhèrent les uns aux autres, mais on peut toutefois les séparer sans les déchirer. Puisqu'il n'y a pas trace de tissu entre eux, ils ont dû sortir ou de la même cellule-œuf ou au moins de la même vésicule embryonnaire. Nous sommes sans doute en présence d'une véritable polyembryonie telle qu'elle est définie par Ernst (1), contrairement à ce que j'ai constaté chez *Hevea* (2), où la semence double résulte du développement de deux ovules munis de leur tégument interne respectif dans un seul et même tégument extérieur (pseudoembryonie).

Je n'ai pas à faire ici de l'embryologie, mais pour comprendre la polyembryonie et certaines particularités de la semence, il faudrait suivre son développement dès l'origine. Je mentionnerai donc les quelques observations que j'ai faites jusqu'à présent, quitte à revenir une autre fois sur ce sujet.

Dans chaque loge ovarienne se dresse un ovule anatrope à raphé court et ventral (Pl. 6, fig. II). On ne peut guère parler de funicule, puisque l'ovule est inséré directement sur le placenta. Il a certains caractères de l'ovule campylotrope, par exemple la direction du faisceau funiculaire perpendiculairement au corps de l'ovule ; le hile se trouve donc dès le commencement sur la partie latérale, et il ne change pas de place par la croissance de la semence qui a lieu tout particulièrement dans la partie de la chalaze.

Tout le long du raphé partent des faisceaux qui se ramifient dans le tégument, en sorte que nous avons dans l'ovule une nervation pennée.

Avec les éléments libéro-ligneux il entre aussi dans le tégument des canaux sécréteurs, mais ceux-ci restent, autant que j'ai pu voir, localisés à la base de la semence.

Le tégument extérieur est bien développé, tandis que l'intérieur ne présente que deux à trois assises de cellules qui dans la suite se soudent intimement au tégument extérieur, de sorte que l'on ne peut pas distinguer deux enveloppes (fig. 11).

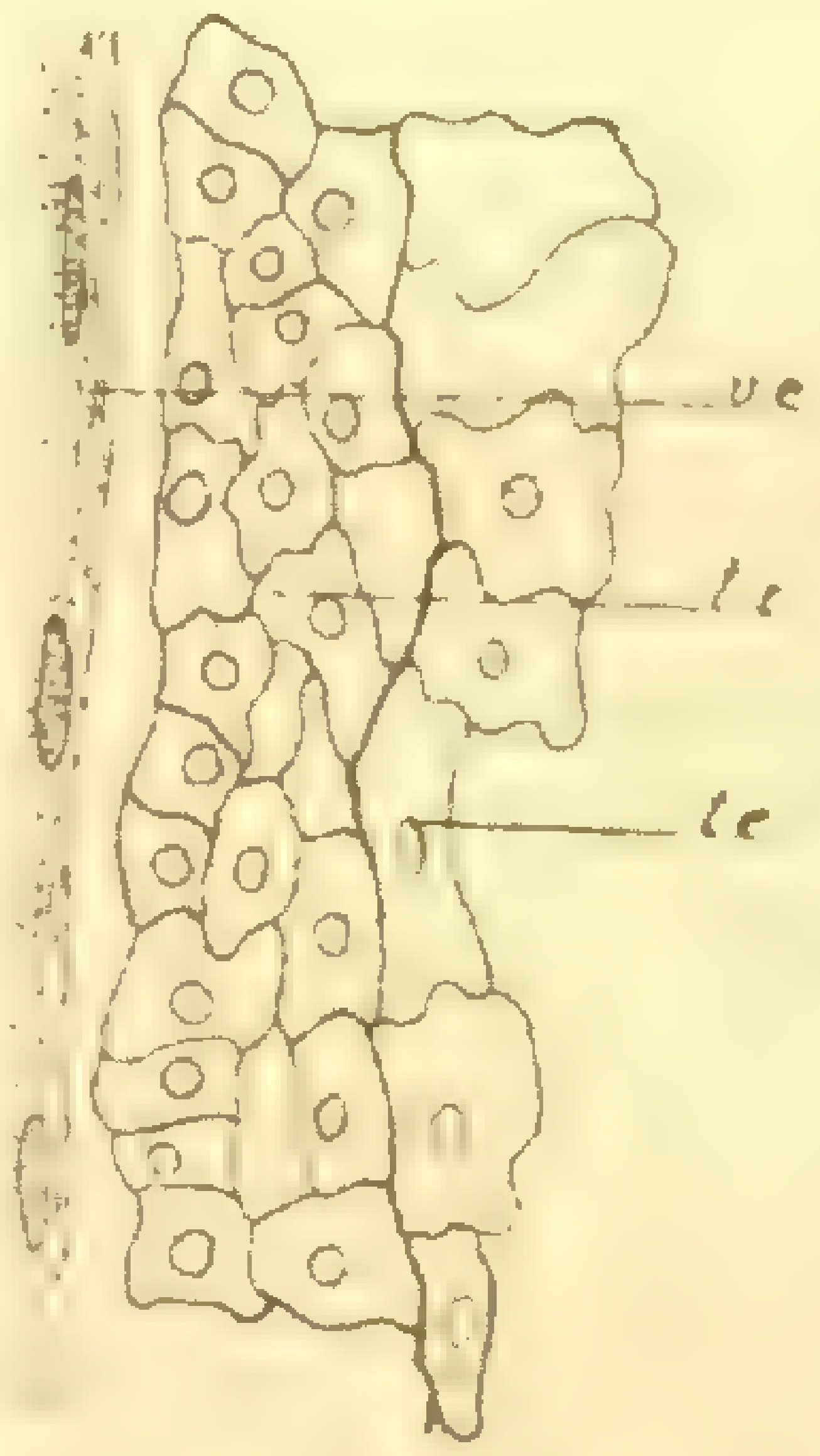


Fig. 11. — Section montrant la réunion des deux téguments : *t. i.*, tégument interne ; *t. e.*, tégument externe ; *v. e.*, vésicule embryonnaire (gr. 290).

Le nucelle aussi est constitué par un très petit nombre de couches de cellules. Dans les cas que j'ai observés, celles-ci sont de bonne heure résorbées, ainsi que la cellule-œuf, les synergides et les antipodes (fig. 12) ; dans une semence large de 5 mm. par exemple, nous trouvons un tégument unique qui a dans la région du hile une épaisseur de 1 mm. (fig. 5). L'épithélium intérieur, dérivant du tégument interne, pousse des papilles vers l'intérieur de la cavité (fig. 13), dont quelques-unes se développent d'une façon inattendue : elles peuvent devenir embryon. On voit dans la figure 14 (I) très clairement comment une cellule épithéliale se divise et donne naissance d'abord à une sorte de suspenseur, composé de peu de cellules ; l'embryon proprement dit sortira de la cellule terminale de la papille (fig. 14, II). Il provient par conséquent du tégument par bourgeonnement et refoule les éléments de l'endosperme devant lui. Nous avons donc de ces

---

(1) A. Ernst. Beiträge zur Kenntnis der Entwicklung des Embryosackes und des Embryo (Polyembryonie) bei *Tulipa Gesneriana* L. Flora, T. 88, pp. 37-77 1901).

(2) A. Sprecher. Same und Keimung von *Hevea brasiliensis*. *Bull. du jard. bot de Buitenzorg*, sér. 2, no. 19, pp. 1-112 (1915).

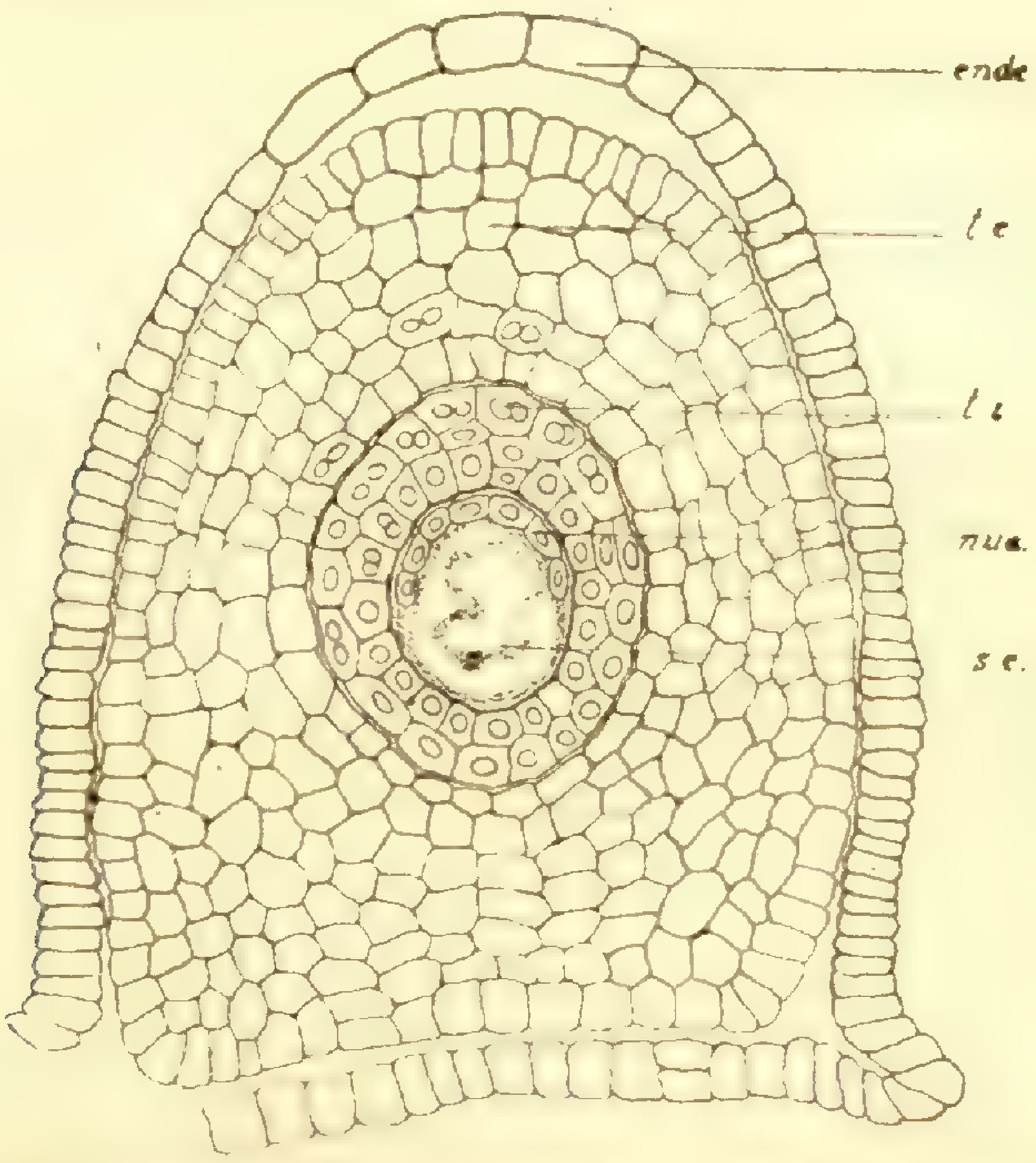


Fig. 12. — Section transversale dans un jeune ovaire d'un diamètre de 7 mm. environ, montrant une loge ovarienne avec un ovule coupé un peu obliquement; *endc.*, endocarpe ; *t. e.*, tégument externe ; *t. i*, tégument interne ; *nuc.*, nucelle ; *s. c.*, sac embryonnaire (gr. 200).

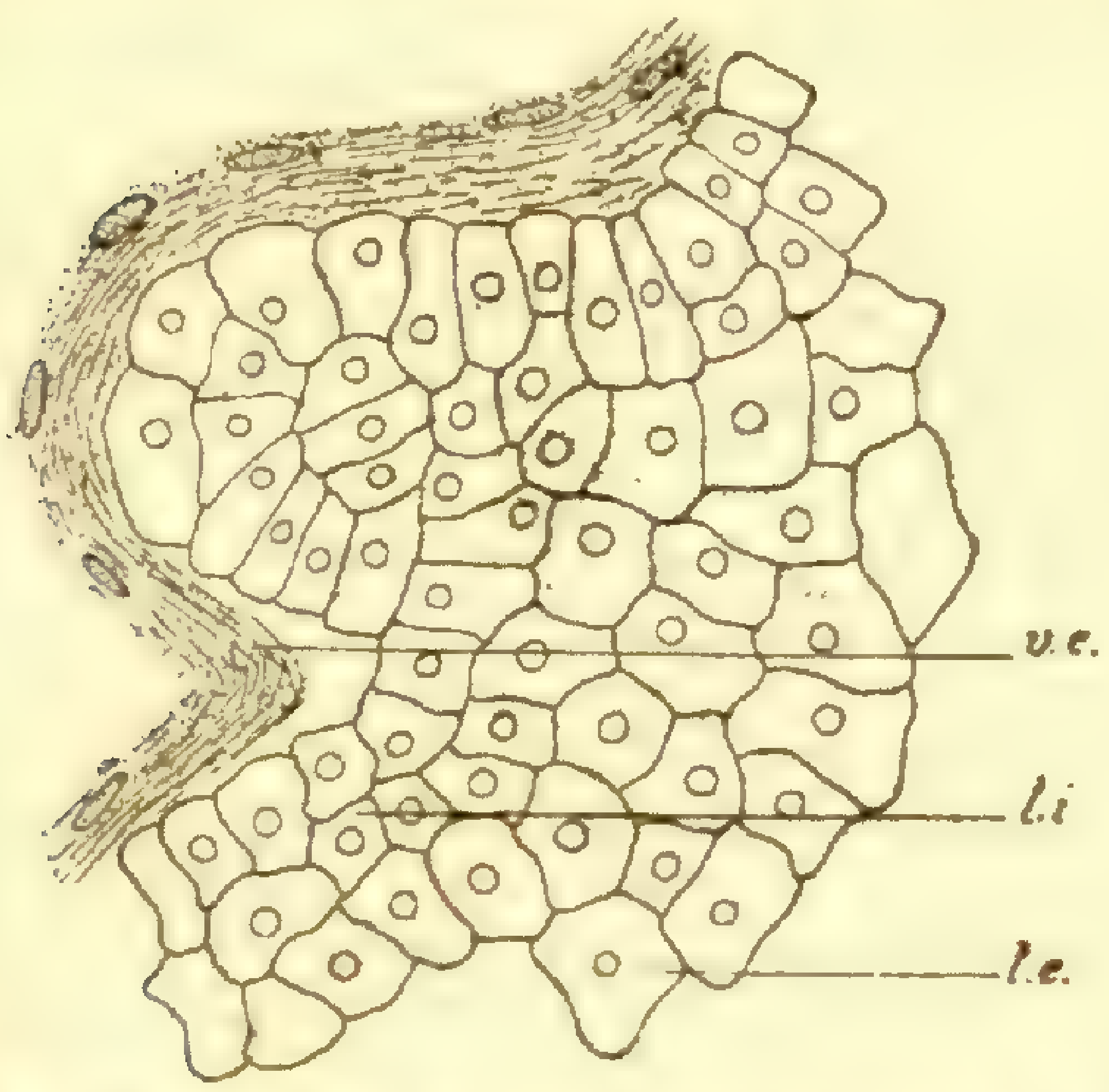


Fig. 13. — Section transversale dans les téguments d'un ovule représenté par la fig. 5, montrant des papilles ; *v. e.*, vésicule embryonnaire, *t. i.*, tégument interne ; *t. e.*, tégument externe (grossissement 290).

embryons adventifs comme Hegelmaier (1) l'a constaté chez *Allium odorum*. Ce mode de reproduction est une forme d'apomixie qui se distingue du reste nettement soit de l'apogamie soit de la parthénogénèse.

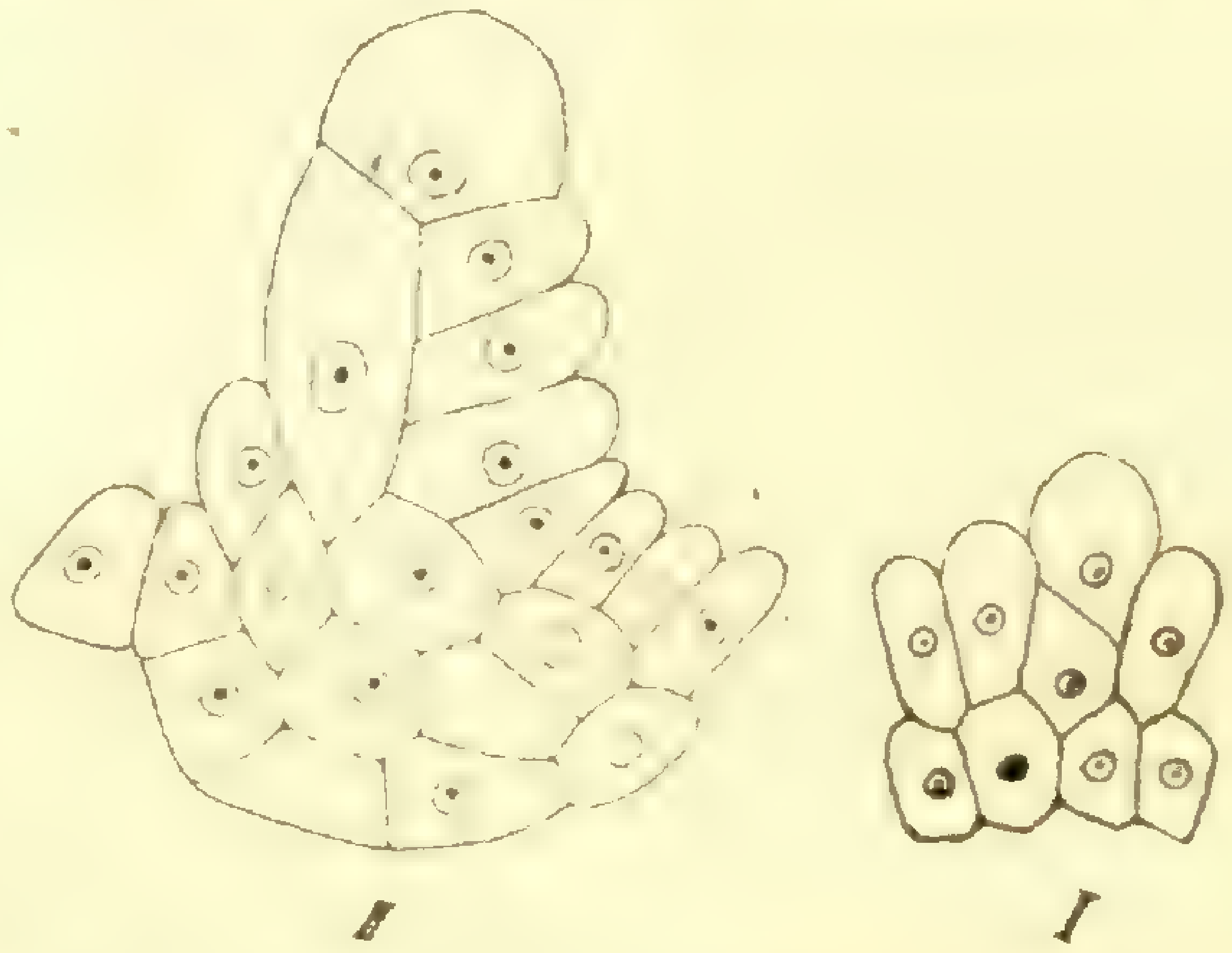


Fig. 14. — Cellules épithéliales du tégument interne qui peuvent donner naissance à des embryons adventifs ; *I*, premier stade ; *II.*, stade plus avancé (gr. 290).

Il ne reste du nucelle et du sac embryonnaire que quelques cellules écrasées, une couche de protoplasme et des noyaux libres appartenant à l'endosperme et qui adhèrent à l'épithélium. Cet endosperme entoure une très grande vésicule embryonnaire dans laquelle l'embryon ne présente à un moment donné qu'un tout petit point à peine visible à l'œil nu. Il est attaché directement au tégument du côté du hile (fig. 5, 6, 13 et 15).

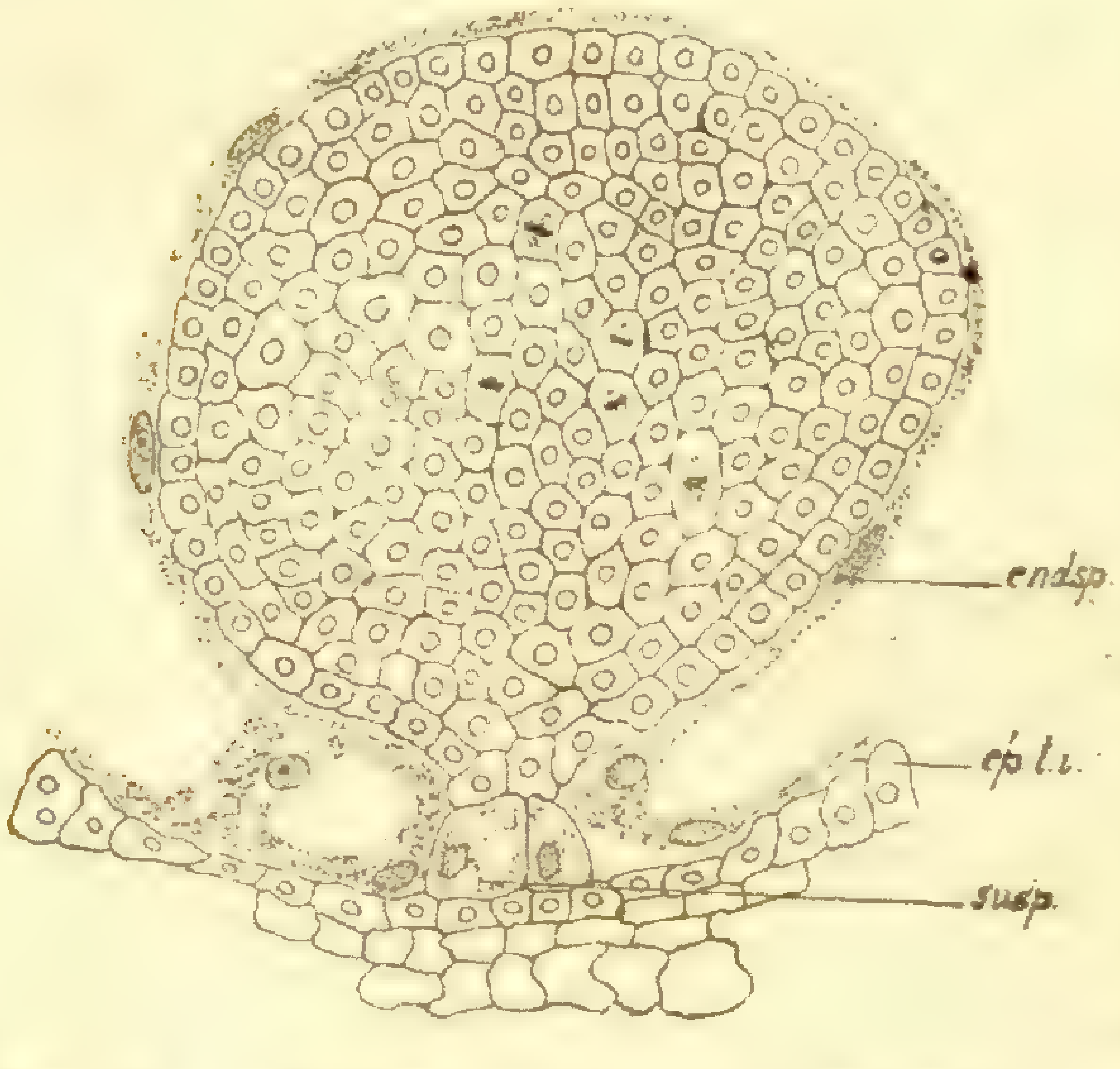


Fig. 15. — Embryon adventif sorti d'une cellule épithéliale du tégument interne ; *endsp.*, protoplasme et noyaux de l'endosperme ; *ép. t. i.*, épithélium du tégument interne ; *susp.*, suspenseur (gr. 200).

Dans l'embryon un peu plus grand (3 mm. de diam.) le cylindre central s'est déjà différencié (fig. 16). Il se détache facilement du tégument et reste entouré de protoplasme et de noyaux de l'endosperme. Dans la suite, ces derniers éléments sont résorbés et à l'état adulte on n'en trouve plus trace. Bien que je n'aie pas pu observer tous les stades de cette embryologie anormale, je crois pouvoir avancer que la polyembryonie est due au développement de deux ou trois embryons adventifs semblables à celui représenté par la fig. 15, développement qui se produit sur le côté ventral de l'ovule, dans le voisinage immédiat de la chalaze.

---

(1) F. Hegelmaier. Zur Kenntnis der Polyembryonie von *Allium odorum*. *Bot. Zeitung*, T. 55, pp. 133-140 (1897).

Il y a sans doute une relation intime entre l'origine, le nombre et la structure des embryons chez *Garcinia*, c'est-à-dire le bourgeonnement intérieur du tégument facilite soit la polyembryonie, soit la structure particulière du germe. Le pourquoi de cette anomalie ne nous est pas connu. Mais on peut toutefois se demander si ce mode d'apomixie n'a pas un certain rapport avec la structure particulière du gynécée gamocarpelle. Chacun des carpelles charnus forme une étroite loge. Il se pourrait qu'à un moment donné l'ovule soit arrêté dans son développement normal par un apport insuffisant de sève dû à la faiblesse du faisceau funiculaire. Si plus tard les substances nutritives lui parviennent à travers l'endocarpe en quantité abondante, il est possible que le développement ultérieur des téguments en soit stimulé, tandis que pour celui de l'embryon normal il est trop tard.

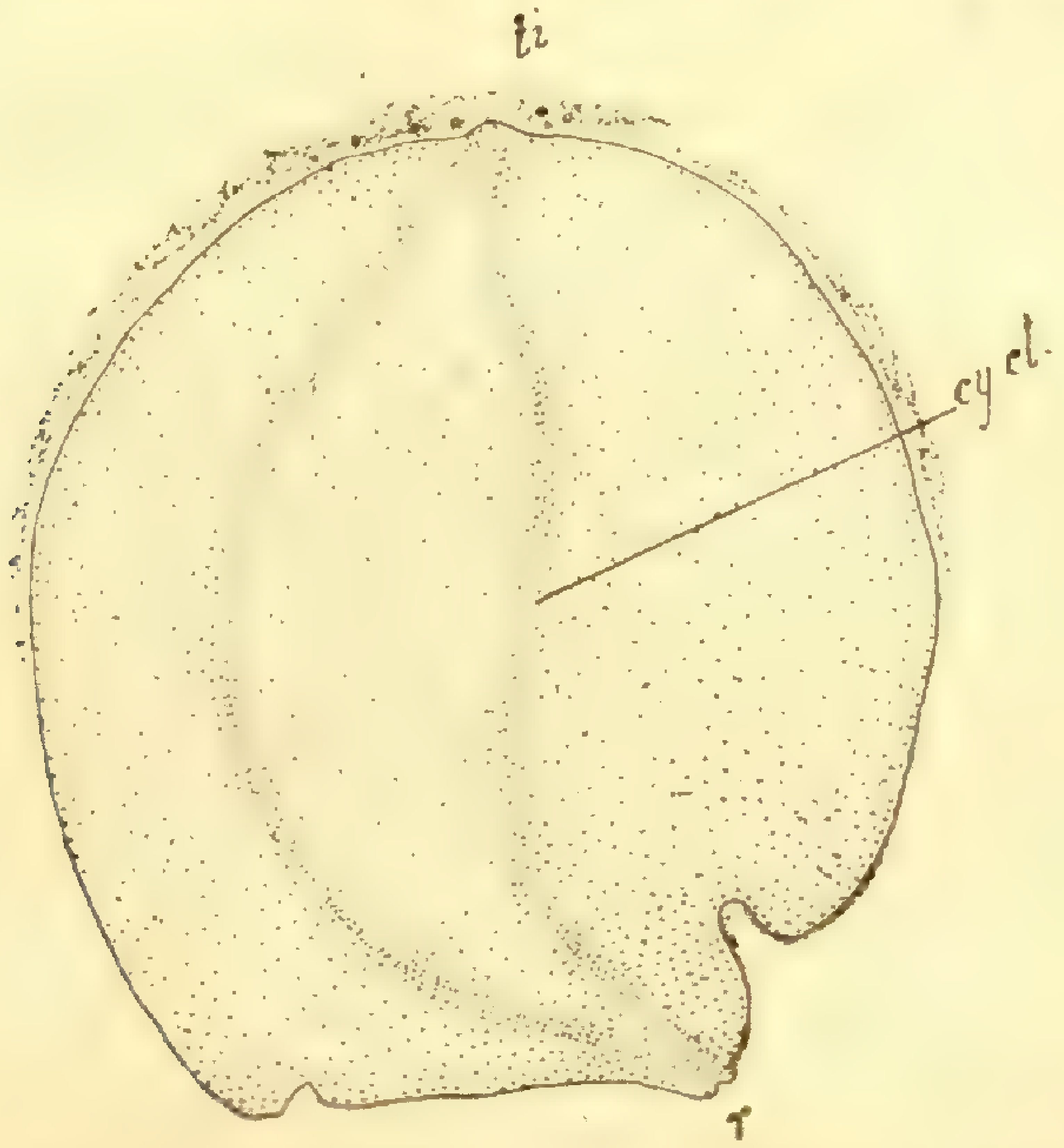


Fig. 16. — Section d'un embryon de 3 mm. de longueur : *ti*, tigelle ; *r.*, radicule ; *cy. ct.*, cylindre central (gr. 18).

L'amphimixie paraît se produire aussi chez *Garcinia Mangostana* ; des tubes polliniques pénètrent dans les ovules. Nous savons que l'amphimixie et l'apomixie peuvent aller de pair non seulement chez une même espèce, mais encore chez un même individu.

Ce serait intéressant d'étudier à fond l'embryologie des Guttifères pour savoir si le cas décrit plus haut est généralement répandu dans cette famille, comme cela paraît probable, ou si c'est seulement une anomalie, la formation normale étant la règle.

Le cylindre central de l'hypocotyle-tubercule a la forme d'un fuseau, il est aminci vers le haut du côté de la chalaze, là où sortira la tigelle et vers le bas, du côté du micropyle, d'où partira la radicule (fig. 7). Chez l'hypocotyle à l'état de repos on ne peut pas encore distinguer l'endoderme des autres assises corticales. Mais néanmoins on a le droit de parler de cylindre central, puisqu'il est séparé de l'écorce par un tissu caractéristique de petites cellules à membrane mince, dans lequel se différencient d'abord les éléments libériens et puis quelques hydrocytes (fig. 17). Avant la germination on ne trouve que peu ou point de cellules lignifiées. Aussi l'endoderme reste à ce stade à l'état primaire et passe dès le commencement de la germination à l'état secondaire, c'est-à-dire à la subérification partielle.

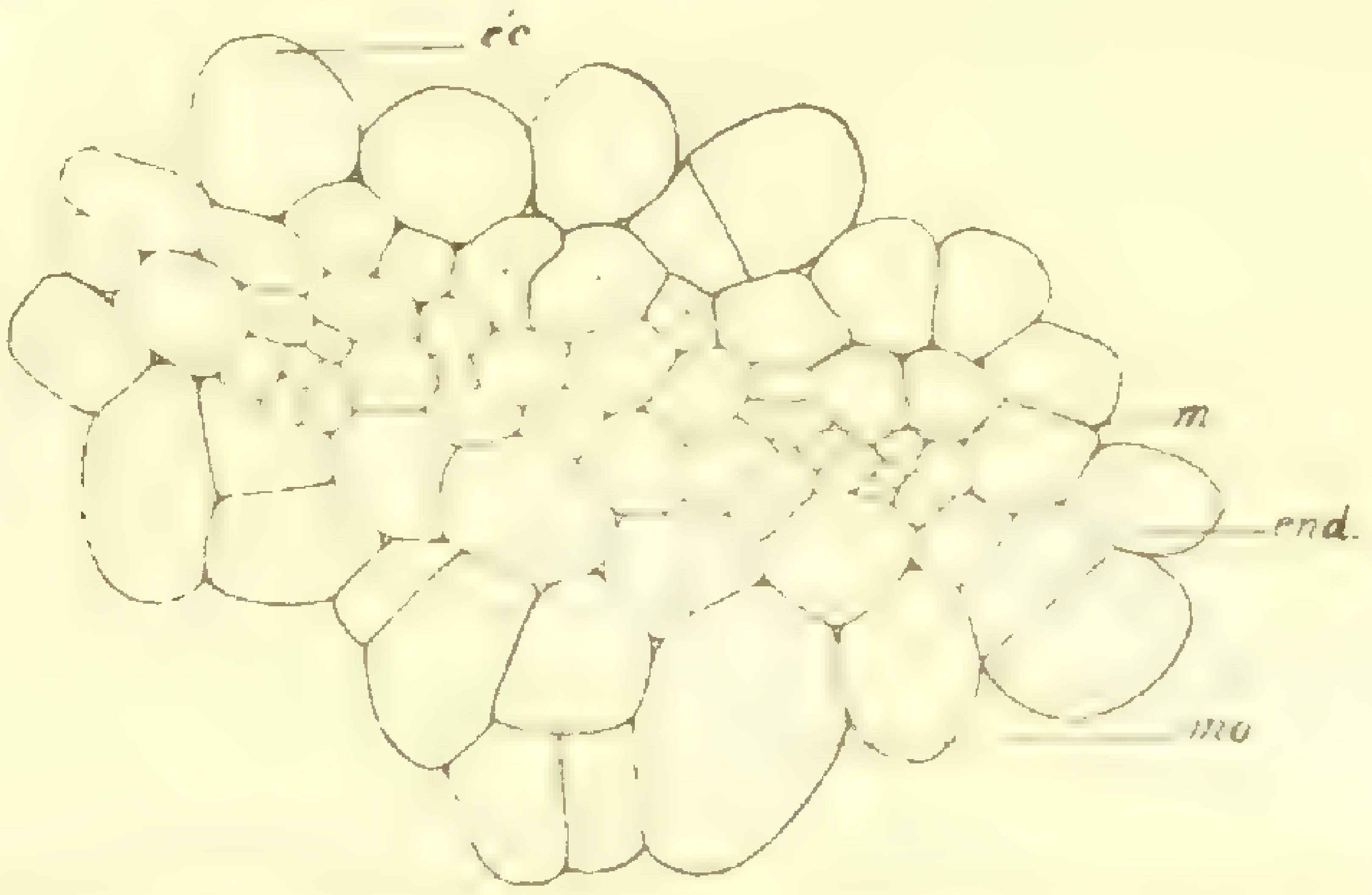


Fig. 17. — Section transversale dans un hypocotyle tubercule en état de repos, montrant la région endodermique : *éc.*, écorce ; *end.*, endoderme encore à l'état primaire ; *m.*, méristème, dans lequel se différencient les faisceaux libéro-ligneux ; *mo.*, moelle (gr. 200).

Les cellules de l'écorce et de la moelle sont assez grandes, (diamètre des premières ± 40 μ et des dernières ± 60 μ). Dans presques toutes les cellules on rencontre des corps de grandeur variable (diamètre de 4 à 20 μ), qui se colorent en rouge avec la teinture d'Alkanna, en rouge orange avec le soudan, en jaune avec le chlorure de zinc iodé. Ils fixentsurtout les colorants acides, l'orange G, l'éosine, la fuchsine acide, la nigrosine, etc. Trécul (1) avait rencontré les mêmes corps, ou des corps analogues, dans le parenchyme cortical des Clusiacées ; il parle de leur contenu jaune et résineux (1). Ils ne sont pas solubles dans l'alcool, le chloroforme, l'éther et le xylol. Dans un mélange par parties égales de potasse caustique concentrée et d'ammoniaque à 20 °/₀ (méthode de saponification de Molisch) ils se transforment lentement en substance cristalline faiblement réfractaire. Nous sommes donc en présence d'un corps qui montre nettement certaines propriétés des substances grasses, mais d'autres caractères sont un obstacle à ce qu'on les classe définitivement dans cette catégorie. Peut-être pouvons-nous les placer parmi les phytostérines. Avec l'acétate de cuivre ils ne donnent aucune réaction, ils n'ont donc pas le caractère des résines. Si le matériel a séjourné longtemps dans l'alcool, ces corps se transforment alors en partie en une masse cristalline qui est insoluble dans le chloral, dans l'acide acétique à 30 °/₀, dans les acides sulfurique et chlorhydrique à 10 °/₀. Elle est très facilement soluble dans les acides concentrés, dans le réactif de Millon, dans le chloroforme, le xylol et l'éther, mais pas dans l'alcool, comme c'est en général le cas pour les phytostérines. Avec l'acide sulfurique et le chloroforme il n'y a pas de coloration en rouge pourpre (réaction des cholestérines). Pour déterminer d'une manière certaine la nature de ces corps élaborés pendant le développement de la semence, il faudrait pouvoir les étudier sur le matériel frais. Je puis ajouter encore qu'ils rentrent de nouveau dans la circulation. Au cours de la germination, ils disparaissent complètement du tubercule et représentent par conséquent des substances de réserve.

---

(1) A. Trécul. Des vaisseaux propres dans les *Clusiacées*. *Ann. des sc. nat.* Paris, *Bot.*, sér. 5, T. 5, pp. 368-379 (1866).

Avec la coloration de Mann (éosine et bleu de toluidine) et l'orange G, on obtient une très jolie différenciation du contenu cellulaire. Les membranes, passablement épaissies et possédant des ponctuations, se colorent en bleu-vert, le protoplasme en bleu, le noyau en violet, le nucléole en vert, les grains d'amidon en jaune et les corps gras deviennent rougeâtres.

---

(1) BRANDZA (*loc. cit*). a trouvé ces corps chez les Eugarciniées. Il leur reconnaît une composition graisseuse. A propos de leur présence dans l'embryon de *G. sizygiifolia* il dit : « Toutes les cellules corticales sont bourrées de substances oléagineuses solidifiées et cristallisées, formant des paquets de longues aiguilles. L'acide osmique, l'orcanette ou le soudan III nous indiquent la nature graisseuse de ces cristallisations qui se dissolvent dans la benzine et l'éther sans laisser aucun résidu ».

Les cellules de la moelle contiennent beaucoup moins d'amidon que celles de l'écorce. Dans l'écorce extérieure, surtout là où plus tard se formeront les canaux sécréteurs, l'amidon est tout particulièrement abondant. Dans cette région nous rencontrons aussi de nombreuses cellules à oxalate de chaux.

Comme l'endoderme, le liber et le bois, les canaux sécréteurs ne sont pas constitués non plus dans la semence adulte en repos (1), mais se forment dès que la germination commence, que l'échange des substances d'un bout à l'autre du tubercule est établi.

Les cellules qui donneront naissance aux canaux sécréteurs sont très reconnaissables dans l'hypocotyle-tubercule à leur alignement par série, à l'absence de corps gras et à leur grand noyau de forme régulière.

L'hypocotyle tel que nous le rencontrons dans la semence adulte, n'est pas un organe nutritif définitivement constitué, comme c'est généralement le cas chez l'albumen et les cotylédons charnus hypogés d'autres graines ; mais les fonctions qu'il est appelé à remplir créent chez lui de nouveaux tissus.

*(A suivre)*

---

(1) Si j'ai bien compris, Brandza appelle la semence tigelle, tandis que je la désigne sous le nom d'hypocotyle tubéreux. Ce qu'il a observé dans l'embryon de *G. tonkinensis* Vesque, *G. porrecta* Wall., *G. cornea* L., *G. Benthani* Pierre et *G. celebica* L. ne correspond pas tout à fait à ce que j'ai vu chez l'embryon de *G. Mangostana*. D'après lui, il y a chez toutes ces espèces des canaux sécréteurs dans la tigelle à l'état de repos ; les faisceaux conducteurs, soit libériens soit ligneux sont développés en grand nombre ; tantôt les faisceaux ligneux sont opposés aux faisceaux libériens, tantôt il constate des faisceaux bicollatéraux, tantôt même des faisceaux concentriques ; l'endoderme est presque partout reconnaissable. Chez *G. sizygiifolia* Pierre seule, il n'a pas trouvé de canaux sécréteurs dans les tubercules non germés, tandis que le cylindre central est, par contre, réduit ici et ne présente plus que trois faisceaux libériens et trois faisceaux ligneux.

D'après Heckel : Sur la formation des canaux sécréteurs dans les graines de quelques Guttifères [*C. R. Ac. Sc.*, Paris 1899, T. 129, pp. 508-510], *Garcinia indica* Choisy, *G. cochinchinensis* Choisy et *G. pictoria* Roxb. n'ont pas non plus de canaux sécréteurs dans les embryons et n'en forment pas même pendant la période germinative. Si c'est juste, alors nous pouvons dire qu'il y a la plus grande variabilité quant à la présence de canaux sécréteurs et quant à la constitution des faisceaux libéro-ligneux dans les tubercules des Garcinées à l'état de repos et en germination. Peut-être y a-t-il une relation entre la formation des canaux sécréteurs et des faisceaux conducteurs d'un côté et la maturation du fruit de l'autre, dans ce sens que les embryons tubéreux des fruits entièrement mûrs possèdent des canaux sécréteurs et les éléments libériens et ligneux bien constitués tandis que les embryons des fruits mal mûrs n'en possèdent pas encore.

Mais *Xanthochymus pictorius* et *Garcinia pictoria* ne sont-ils pas identiques ? Si oui, alors il y a contradiction entre les observations de Brandza et les assertions de Heckel. Il me semble qu'il existe là, pour le moins une confusion de termes.

# OBSERVATIONS VITALES SUR LE CHONDRIOME DES VÉGÉTAUX ET RECHERCHES SUR L'ORIGINE DES CHROMOPLASTIDES ET LE MODE DE FORMATION DES PIGMENTS XANTHOPHYLLIENS & CAROTINIENS

## CONTRIBUTION A L'ÉTUDE PHYSIOLOGIQUE DE LA CELLULE

par M. A. GUILLIERMOND

*(suite)*

Dès le début de la plasmolyse, le cytoplasme est le siège de phénomènes bien caractérisés. Le cytoplasme pariétal ainsi que les trabécules qui le relient au noyau s'amincissent et deviennent plus denses. En même temps, les courants dont ils sont le siège augmentent d'intensité. Bientôt après, la majeure partie du cytoplasme se décompose en une série de bourgeons qui font hernie dans la vacuole (Pl. 28, fig. 2 à 6 ; Pl. 29, fig. 6 ; fig. 12 du texte et Pl. 30, fig 1 et 2). Ces bourgeons apparaissent d'abord comme de minces expansions filamenteuses, renfermant souvent quelques globules graisseux et légèrement renflées à leurs extrémités; puis chacune de ces expansions se renfle de plus en plus à son extrémité qui ne tarde pas à se transformer en vésicule constituée par une paroi dense et très mince, au sein de laquelle se trouve un liquide aqueux renfermant parfois un ou plusieurs petits globules graisseux en suspension. Ces hernies vésiculeuses se gonflent beaucoup, puis forment à leur intérieur, aux dépens de la substance dense qui constitue leur pédicelle, de nouvelles hernies semblables à la première, de telle sorte qu'on peut observer des figures constituées par plusieurs hernies emboîtées les unes dans les autres, formant une vésicule entourée de plusieurs zones concentriques. Ces hernies présentent, dans les vacuoles, des déformations et des mouvements d'oscillation incessants, déterminés peut-être par l'exosmose du suc vacuolaire. Quelques-unes d'entre elles arrivent à se détacher du reste du cytoplasme qui les réunit par rupture de leur pédicelle et sont mises en liberté dans la vacuole. Elles apparaissent alors comme de grosses vésicules à parois souvent formées de plusieurs zones concentriques et animées de mouvements browniens dans l'intérieur du suc vacuolaire. Leur paroi présente parfois des épaississements où se trouvent quelques mitochondries. Ces vésicules restent toujours nettement délimitées par une paroi et ne se confondent jamais avec le suc vacuolaire (Pl. 28, fig. 5 et 6). Elles ressemblent parfois beaucoup aux mitochondries vésiculeuses et il importe de ne pas confondre ces deux formations. Les figures formées par ces hernies cytoplasmiques paraissent correspondre aux

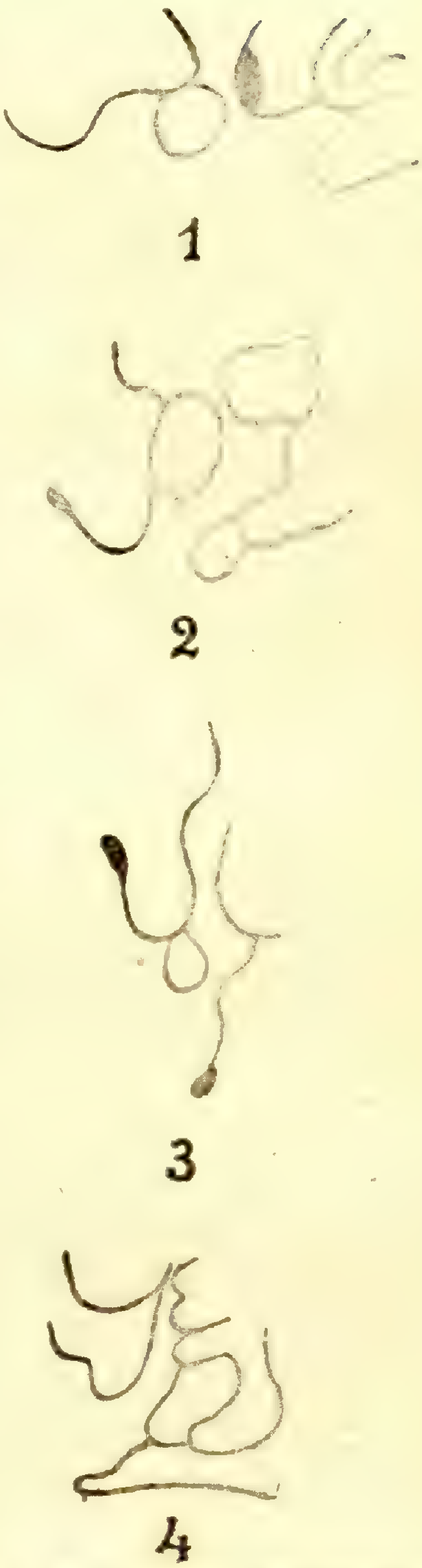


Fig. 12 — Observation d'un fragment du cytoplasme d'une cellule épidermique de feuille plasmolysée dans une solution à 3 °/₀ de NaCl :

1. Le cytoplasme s'est décomposé en vésicules, faisant hernie dans la vacuole, paraissant semblables aux boules sarcodiques de Dujardin et rappelant beaucoup des figures myéliniques.

2 et 3. Les mêmes formations quelques minutes après. Ces vésicules sont animées de mouvements perpétuels d'oscillation qui les déforment constamment. En 3, elles sont fortement contractées.

4. Id, au moment où la cellule semble avoir acquis son maximum de déshydratation : les vésicules ont arrêté leur mouvement et se sont contractées ; elles font partie maintenant de la structure alvéolaire du cytoplasme qui persistera jusqu'à la mort de la cellule (grossissement : 1500).

boules sarcodiques décrites par Dujardin, dans le cytoplasme en voie d'altération. Elles présentent une ressemblance frappante avec des figures myéliniques et notamment avec celles qui se produisent sous certaines influences nocives dans le cytoplasme des Protozoaires selon Maggi, Kölsch, Fauré-Fremiet, et dans les végétaux selon Klemm. Elles n'offrent cependant pas les propriétés physico-chimiques de la myéline ; elles n'ont aucune biréfringence et ne réduisent pas l'acide osmique.

A un stade ultérieur, ces hernies vésiculeuses cessent de se mouvoir et, en se contractant assez fortement, déterminent par leur ensemble un aspect alvéolaire très particulier du cytoplasme, avec de petites alvéoles en forme de boyaux ou d'haltères, limitées par une trame extrêmement mince, assez réfringente et d'allure rigide (Pl. 30, fig. 3 et 4).

Cet aspect alvéolaire de la cellule plasmolysée semble général ; nous l'avons observé dans d'autres cellules (cellules de l'épicarpe du fruit d'*Arum italicum*, cellules épidermiques des pétales de Glaïeul, etc.) Il a été déjà signalé par Schwartz, puis par Matruchot et Molliard, et considéré par ces derniers comme le résultat d'un phénomène d'exosmose, consistant en une séparation de l'eau de constitution du cytoplasme qui se déposerait dans ce dernier sous forme de petites vacuoles dont le contenu se diffuserait peu à peu dans la vacuole centrale. Nos observations sont favorables à cette interprétation.

Au cours de ces phénomènes, le noyau se contracte légèrement et les mitochondries n'offrent pas la moindre altération : elles semblent cependant se contracter légèrement et les chondriocontes apparaissent généralement plus minces que dans les cellules normales. Si l'on plasmolyse les cellules du mésophylle de la feuille, on observe également une légère contraction des chloroplastes. Mais en plasmolysant des cellules qui renferment des chondriocontes pourvus, dans les conditions normales, de renflements vésiculeux, comme cela existe dans l'épiderme des sépales d'*Iris*, on constate que ces vésicules subsistent. La contraction est donc très peu sensible.

Dans cette phase, la cellule est encore vivante ; le cytoplasme est encore le siège de courants, bien que ceux-ci soient extrêmement ralentis. Il est imperméable à l'éosine qui ne colore que le liquide de la cavité cellulaire qui entoure le protoplaste contracté. Il est seulement perméable aux colorants vitaux (rouge neutre et bleu de Nil) qui se fixent sur les composés phénoliques précipités ou dissous dans la vacuole. Enfin, transportée dans une solution isotonique, la cellule se gonfle et reprend son allure normale. Par son aspect rigide très spécial, le cytoplasme donne l'impression d'avoir acquis le maximum de déshydratation compatible avec sa vie.

A ce moment, la cellule semble réaliser un certain équilibre osmotique et conserve cette structure jusqu'à sa mort. Cet état dure plus ou moins longtemps selon les conditions. Il peut persister pendant plusieurs heures si le degré de concentration de la solution est faible ; il peut, au contraire, aboutir en quelques minutes à la mort de la cellule si la solution hypertonique est très concentrée. Les conditions de perméabilité de la membrane cellulosique exercent également un rôle important. C'est ainsi, par exemple, que les cellules d'un lambeau d'épiderme détaché d'une feuille et placé dans une solution hypertonique meurent très rapidement parce qu'elles ont, sur leur face interne, une membrane cellulosique très mince et très perméable. Si l'on a soin, en détachant l'épiderme, de conserver l'assise de mésophylle située immédiatement au-dessous de cet épiderme, les cellules protégées par cette assise résistent plus longtemps. Il en est de même des cellules épidermiques des bractées que l'on examine directement sans en détacher l'épiderme. Les cellules d'un fragment de feuille immergées dans une solution hypertonique même relativement assez concentrée (4 % de NaCl) ont pu vivre pendant une journée.

Au bout d'un temps variable, selon le degré de concentration de la solution hypertonique et la perméabilité de la membrane cellulosique, la mort survient sans doute par suite de la déshydratation plus complète du cytoplasme amenant sa désorganisation.

Cette mort se manifeste par la cessation des courants du cytoplasme, par la perméabilité du cytoplasme pour l'éosine qui se fixe sur le noyau et sur le cytoplasme, et en même temps par une modification très nette de l'aspect de la cellule, qui semble attribuable à une réhydratation du cytoplasme (Pl. 30, fig. 5, 6 et 7). On observe un gonflement des petites alvéoles qui s'arrondissent, puis leur disparition partielle, et le cytoplasme prend un aspect homogène et plus fluide, caractérisé en outre par des mouvements browniens de ses mitochondries et de ses gouttelettes graisseuses. Pendant ce temps, les mitochondries se gonflent peu à peu : les chondriocontes se décomposent en une série de petits renflements vésiculeux qui se séparent sous forme de vésicules ; les mitochondries finissent également, mais plus tardivement, par se gonfler et prendre un aspect vésiculeux (Pl. 31, fig. 1 à 3). Enfin le noyau lui-même se dilate d'une manière assez appréciable en modifiant sa structure, qui apparaît constituée par un nucléoplasme très aqueux renfermant en suspension une chromatine granuleuse. Il peut exsuder un peu de son liquide par formation, sur son pourtour, de petites vacuoles.

Au début, le cytoplasme reste très nettement limité extérieurement, la paroi périplasmique a donc subi une modification qui l'a rendue perméable, mais n'a pas été détruite ; cependant, cette paroi perd son élasticité, et le noyau, et aussi parfois la vacuole, montrent une tendance à faire saillie au dehors ; souvent de petites vacuoles s'exsudent à l'extérieur du cytoplasme.

En général, pendant ces phénomènes, lorsque le protoplaste apparaît contracté sous forme de plusieurs masses arrondies, réunies par un mince filament, on constate que ces masses se séparent par rupture du filament qui les réunit. Les plasmodesmes, quand ils ne sont pas déjà séparés de la membrane cellulosique, se contractent, et les minces filaments qui réunissent le protoplaste à la membrane cellulaire se détachent également de cette membrane et se réduisent en une série de petites granulations (Pl. 32, fig. 7). Si l'on transporte les cellules parvenues à ce stade dans une solution hypotonique ou isotonique, on constate que les vacuoles se gonflent, se fusionnent et reprennent leurs dimensions normales ; elles sont donc encore inaltérées. La cellule reprend son aspect normal, mais le cytoplasme conserve ses altérations.

Un peu plus tard, la paroi périplasmique disparaît ; le cytoplasme se détend et se dissémine dans la cavité cellulaire sous forme d'un précipité granulo-alvéolaire. En même temps, les vésicules mitochondriales se gonflent de plus en plus et en général peuvent être colorées par l'éosine un peu plus fortement que le cytoplasme. Par contre, la paroi périvacuolaire persiste la dernière et la vacuole apparaît en quelque sorte isolée du cytoplasme désorganisé, en conservant un contour parfaitement régulier (Pl. 31, fig. 5 et 6, et Pl. 32, fig. 1 et 2). Dans une phase ultime, la vacuole devient perméable à l'éosine qui colore son contenu, puis elle diminue de volume et disparaît entièrement. Le noyau très gonflé finit, dans les solutions de NaCl, par éclater et se résorber (Pl. 32, fig. 4, 5 et 8). Dans les solutions sucrées, au contraire, après avoir expulsé son eau par exosmose, il se contracte fortement et reste à cet état qui semble correspondre à une coagulation de sa substance.

On voit donc que les phénomènes cytologiques qui s'effectuent pendant la plasmolyse dans les cellules épidermiques des bractées et des feuilles d'*Iris* sont absolument identiques à ceux que nous avons observés dans les cellules épidermiques des pétales de Tulipe, dans les mêmes conditions, et sont représentés par des phases analogues. Seulement, l'étude que nous venons de faire dans l'*Iris* complète celle de la Tulipe. Les cellules de Tulipe permettent de mieux observer l'allure de la vacuole, parce que cette vacuole renferme un pigment anthocyanique rouge qui présente une teinte beaucoup plus accentuée que celle qu'on obtient dans les cellules d'*Iris*, en colorant les vacuoles par le rouge neutre ou le bleu de Nil, et la rend beaucoup plus distincte ; elles permettent également de mieux observer les altérations du chondriome, puisque les chondriocontes sont rendus plus apparents grâce au pigment jaune qu'ils renferment. Par contre, elles sont peu favorables à l'étude des phénomènes cytoplasmiques, car le cytoplasme y est très pauvre et masqué par les mitochondries extrêmement abondantes; enfin la minceur des membranes cellulosiques rend difficile l'observation des plasmodesmes. Les cellules d'*Iris germanica* permettent au contraire de suivre dans tous leurs détails les phénomènes cytoplasmiques qui s'effectuent au cours de la plasmolyse et de constater l'existence de communications protoplasmiques.

De l'ensemble de ces observations sur la Tulipe et l'*Iris* on peut tenter quelques conclusions générales. Il semble que dans la plasmolyse, la cellule réagit d'abord contre le milieu hypertonique en se contractant et en se déshydratant tout en conservant son organisation intime. Cet état peut durer plus ou moins longtemps, mais lorsque la déshydratation a dépassé les limites compatibles avec la vie du protoplasme, la paroi périplasmique modifie sa constitution et devient perméable, amenant la mort de la cellule. A ce moment, par suite de la perméabilité de cette paroi, l'eau paraît s'introduire dans le cytoplasme et l'on constate une réhydratation du noyau et du cytoplasme, bientôt suivie de la distention de celui-ci, puis de sa coagulation amenant la désorganisation complète de la cellule. La paroi périvacuolaire qui résiste plus longtemps finit elle-même par être atteinte, et la vacuole se résorbe dans la cavité cellulaire.

Sans vouloir insister sur la délicate question de la nature des parois périplasmique et périvacuolaire, nous croyons nécessaire de faire quelques remarques.

On sait que, si l'existence de ces parois est admise par tous les physiologistes (1), leur nature est très discutée. De Vries, Went, Tswett, Van Tieghem et Boulet, qui admettent que les vacuoles sont des organites de la cellule incapables de se former autrement que par division, considèrent ces parois comme des organes différenciés et permanents de la cellule. Les expériences de Klebs relatives aux *Vaucheria*, celles de Nemec sur le méristème d'*Allium cepa*, enfin celles de Pfeffer sur le *Chondrioderma difforme* ne semblent pas favorables à cette opinion. Pfeffer et récemment W. Seifriz, en séparant de la partie centrale du plasmode de ce Myxomycète quelques-unes de ses ramifications, constatent qu'il se forme aussitôt une membrane sur la section. D'autre part, Pfeffer obtient dans les mêmes plasmodes sous certaines influences physiques la production de vacuoles artificielles. Tout fragment de protoplasme est donc capable de reconstituer immédiatement une paroi et de former spontanément des vacuoles. Aussi le savant physiologiste n'admet pas que les parois périplasmique et périvacuolaire représentent des organes différenciés de la cellule. Il ne considère pas ces parois comme la simple expression de la tension superficielle, mais il pense que par des actions moléculaires semblables ou au contact avec un autre milieu, la substance de la zone limite est rendue insoluble. Ces parois sont donc considérées par lui comme un produit direct de l'action du milieu sur le plasme. Correns, de son côté, constate qu'il n'est pas possible de différencier morphologiquement ou chimiquement ces parois; Strasburger, puis Chodat et Boubier, Seifriz se rallient à l'opinion de Pfeffer; ces deux derniers auteurs admettent que les parois sont dues à la propriété que posséderait le cytoplasme de se coaguler au contact de l'eau.

---

(1) Certains auteurs (Overton, Quincke, Nathanson) admettent que ces parois, ou du moins la paroi périplasmique serait de nature lipoïde. Pfeffer la considère au contraire comme albuminoïde. D'autre part, les recherches de Rhuland et de Rufz de Lavison semblent peu favorables à l'opinion d'Overton.

Nos observations ne semblent pas favorables à la théorie de de Vries, Went et Tsvett (1). Elles montrent l'extrême instabilité de la vacuole dont l'évolution est facile à suivre dans la Tulipe, grâce au pigment qu'elle renferme en solution. Nous avons vu que, pendant la contraction du protoplaste, cette vacuole peut se diviser en plusieurs fragments par étranglement ; elle est capable aussi de former, sur toute sa périphérie, une série d'appendices qui finissent par se scinder en chapelets de petites vacuoles, entourant la vacuole principale, par des phénomènes semblables à ceux décrits par de Vries dans les cellules sécrétantes de *Drosera rotundifolia*. Toutes ces vacuoles se gonflent et se refusionnent instantanément si l'on déplasmolyse la cellule par une solution isotonique ou par l'eau pure ; une pression exercée sur la lamelle de la préparation peut déterminer la confluence de plusieurs vacuoles voisines. Enfin, il semble que de petites vacuoles puissent naître spontanément dans le cytoplasme des cellules soumises à l'action d'un liquide hypotonique.

L'observation des phénomènes cytoplasmiques qui se produisent au cours de la plasmolyse dans les cellules d'*Iris* nous ont montré, d'autre part, que le cytoplasme se décompose en une multitude de bourgeons (boules sarcodiques) qui font hernies dans la vacuole. Ces bourgeons forment à leur intérieur une petite vacuole, prennent l'aspect vésiculeux, puis peuvent, par rupture de leur pédicelle, s'introduire dans la vacuole : là ils s'arrondissent et restent toujours séparés du suc vacuolaire comme s'ils étaient limités par une paroi. Tous ces faits semblent donc confirmer les vues de Pfeffer, Chodat et Boubier, et nous conduisent à admettre que les parois périplasmique et périvacuolaire sont des organes transitoires résultant d'une modification physique du cytoplasme au contact de l'eau.

---

(1) Cette théorie qui consiste à admettre l'existence de membranes périplasmique et périvacuolaire ne nous semble appuyée sur aucun argument décisif. Il est loin d'être démontré que les vacuoles ne se forment que par division de vacuoles préexistantes, et pour des raisons que nous développerons plus tard, nous pensons au contraire que les vacuoles se forment *de novo* dans le cytoplasme des jeunes cellules. D'autre part, il est impossible de démontrer l'existence d'un tonoplaste différencié. Il est vrai que Boulet a montré que lorsqu'on traite par un acide des cellules plasmolysées dont la vacuole renferme des cristaux, on voit la membrane périvacuolaire ou tonoplaste se perforer sur un point et laisser passer dans le cytoplasme les cristaux. Nous avons pour notre part observé un phénomène semblable en fixant par une solution d'acide osmique des cellules plasmolysées d'*Iris* renfermant des précipités de composés phénoliques. Mais nous n'y voyons pas un argument suffisant en faveur de la théorie de de Vries.

On voit en outre que nos observations sur la Tulipe et l'*Iris* concordent pour démontrer que les solutions hypertoniques n'exercent aucune action sur le chondriome tant que la cellule reste vivante. Ce n'est qu'au moment où la cellule meurt et où le cytoplasme s'hydrate, et, en se désorganisant, finit par mettre en liberté les mitochondries dans le liquide de la cavité cellulaire, que ces éléments se gonflent et se tranforment en grosses vésicules. Il se produit à ce moment des conditions analogues à celles qui se produisent dans les cellules soumises à l'action des solutions hypotoniques et qui déterminent l'hydratation du cytoplasme et le gonflement des mitochondries.

## F) FIXATION DU CHONDRIOME

La fleur d'*Iris germanica* nous a permis, en outre, de compléter nos recherches sur la fixation du chondriome et de nous assurer que le chondriome des cellules épidermiques de la fleur d'*Iris germanica* montre, vis-à-vis des fixateurs, les mêmes caractères que dans la fleur de Tulipe. D'une manière générale, les fixateurs ordinaires bouleversent entièrement la structure du cytoplasme (Pl. 35, fig. 3) et paraissent agir selon les cas de deux manières : 1° par l'action dissolvante sur le chondriome de l'alcool et de l'acide acétique qu'ils renferment ; 2° par leurs actions osmotiques sur la cellule. Quelle que soit leur cause, ces altérations se traduisent le plus souvent par l'anastomose des chondriocontes et la production sur leur trajet de grosses vésicules ou de renflements, et souvent la résolution de la substance mitochondriale en fines granulations. Elles donnent au cytoplasme un aspect granulo-alvéolaire dont la trame correspond aux résidus du chondriome et se colore d'une manière plus intense par l'hématoxyline ferrique et la fuchsine acide.

Nos observations démontrent au contraire que les fixateurs mis en pratique pour la différenciation des mitochondries, conservent en général très bien le cytoplasme ; des comparaisons faites entre des préparations vitales et des préparations fixées et colorées par ces méthodes en donnent une preuve indiscutable. Les fixations par la méthode de Regaud (bichromate-formol) fournissent d'excellents résultats, seulement elles ne conservent pas les inclusions graisseuses si fréquentes dans les mitochondries et les plastes. La méthode de Benda (Flemming sans acide acétique) donne, surtout après coloration par la méthode de Kull, des préparations beaucoup plus intéressantes, qui permettent d'observer les inclusions graisseuses brunies par l'acide osmique sur le trajet des chondriocontes colorés en rouge par la fuchsine. Elles permettent également, dans les cas les plus favorables, d'obtenir la coloration par le bleu de toluidine de l'amidon contenu dans les chondriocontes.

### G) OBSERVATION DU CHONDRIOME FIXÉ ET COLORÉ

Nous avons pu, à l'aide de cette méthode, suivre toute l'évolution du chondriome dans les cellules des divers organes de la fleur, pendant son développement, et contrôler ce que nous avions observé à l'état vivant. Les résultats obtenus par cette méthode sont tout à fait superposables à ceux qu'on obtient par l'étude vitale. L'observation de coupes fixées et colorées, qui nous a permis de préciser certains détails de l'évolution du chondriome et de la structure fine de la cellule, a eu surtout pour résultats de nous faire connaître d'une manière plus complète le mode de formation des globules graisseux au sein des chondriocontes et leur répartition dans ceux-ci. Aussi le procédé le plus favorable pour cette étude consiste en la fixation des tissus par la méthode de Benda et coloration par la méthode de Kull.

Si l'on observe, à l'aide de cette méthode, la coupe d'une fleur très jeune (de quelques millimètres de long, stade 1 du schéma 8), on est tout d'abord frappé de l'abondance des graisses colorées en brun foncé par l'acide osmique qui se trouvent accumulées au sein des chondriocontes. La coupe longitudinale totale d'une fleur à ce stade permet de très bien observer la formation et la répartition de ces graisses. Toutes les cellules épidermiques (sépales, poils des sépales, pétales, stigmates et anthères) offrent à peu près la même constitution : un gros noyau disposé au centre, avec un ou plusieurs nucléoles et un réseau chromatique très serré, colorés en rouge orangé foncé, et un cytoplasme teint en rose parsemé de petites vacuoles, renfermant un contenu phénolique, plus ou moins noirci par l'acide osmique. Le cytoplasme se présente comme une substance dense, d'aspect finement et confusément granuleux, qui renferme un assez grand nombre de petites gouttelettes graisseuses noircies par l'acide osmique et un chondriome dont les divers éléments sont électivement colorés par la fuchsine acide. Ce chondriome très riche se compose de mitochondrie granuleuses ou en courts bâtonnets et de chondriocontes allongés et onduleux ; ces derniers éléments apparaissent complètement criblés de petits globules graisseux, de même dimension que les globules graisseux du cytoplasme et se comportant comme eux vis-à-vis de l'acide osmique. On peut suivre la formation de ces globules graisseux au sein des chondriocontes dans les cellules les plus jeunes. Cette étude est surtout facile à faire dans les jeunes poils des sépales au début de leur formation. Nos coupes nous ont permis, en effet, de suivre tous les stades de la formation de ces poils.

Ces poils, on l'a vu, résultent de la prolifération de certaines cellules de l'épiderme des sépales. Les poils les plus jeunes ne comprennent encore qu'un très petit nombre de cellules : celles-ci renferment un gros noyau central, presque toujours en voie de mitose et un cytoplasme parsemé de petites vacuoles à contenu phénolique. Le cytoplasme est très dense et presque homogène ; il renferme un certain nombre de petites gouttelettes graisseuses et un chondriome très riche constitué par des mitochondries granuleuses ou en courts bâtonnets et des chondriocontes allongés et onduleux ; ces derniers se colorent en rouge foncé comme les autres éléments du chondriome et sont entièrement dépourvus de globules graisseux. A un stade ultérieur, lorsque le poil est un peu plus développé, on assiste à la formation sur le trajet des chondriocontes de globules graisseux : ceux-ci apparaissent d'abord sous forme d'un petit nombre de globules régulièrement espacés sur le trajet du chondrioconte et qui se détachent par la teinte noire foncée que leur a donné l'acide osmique au sein du chondrioconte coloré en rouge foncé par la fuchsine. Ces globules deviennent ensuite beaucoup plus nombreux et finalement le chondrioconte tout entier apparaît criblé de petites inclusions graisseuses disposées tout le long de son trajet. Ces globules sont si nombreux que souvent, quand la préparation n'est pas bien réussie et que la coloration rouge des chondriocontes par la fuchsine n'apparaît pas distinctement, les chondriocontes sont représentés uniquement par de petits globules graisseux noircis par l'acide osmique, disposés les uns à la suite des autres en chaînettes onduleuses (Pl. 36, fig. 1 à 7).

Dans la suite, les chondriocontes forment sur leur trajet, généralement à leurs deux extrémités, de petits renflements également remplis de globules graisseux, puis dans les derniers stades, au moment où le poil est définitivement constitué, ces renflements se séparent par rupture des parties effilées qui les réunissent et apparaissent comme de petits plastes arrondis, criblés de globules graisseux, qui, d'après ce que nous avons vu par l'observation vitale, représentent, dans la partie renflée du papille, des chromoplastes remplis de pigment xanthophyllien.

Dans les cellules épidermiques des sépales et des pétales, les chondriocontes subissent une évolution un peu différente (Pl. 36, fig. 9 à 16). Après s'être remplis de globules graisseux, ces éléments forment sur leur trajet de petits grains d'amidon qui, lorsque la coloration a été bien réussie, apparaissent colorés en bleu par le bleu de toluidine. Ces grains se forment par le processus que nous avons décrit pour la première fois dans la racine de Ricin et que nous avons bien souvent retrouvé depuis. On voit apparaître sur le trajet d'un chondrioconte, à l'une de ses extrémités ou en son milieu, un petit grain d'amidon coloré par le bleu de toluidine et entouré de toute part par une écorce mitochondriale. L'apparition de ce grain dans le chondrioconte détermine un renflement sur le trajet de cet élément qui, selon la position du grain, prend la forme d'un têtard ou d'un fuseau. Bientôt, de nouveaux grains apparaissent dans l'écorce mitochondriale qui enveloppent le premier et ainsi se forme un grain d'amidon composé qui grossit peu à peu tout en restant entouré d'une écorce mitochondriale. Souvent, d'autres grains composés peuvent se former sur un autre point du trajet du même chondrioconte et l'on observe fréquemment des chondriocontes en forme d'haltères dont les deux renflements sont constitués par un grain d'amidon. Au bout d'un certain temps, les grains d'amidon se résorbent et l'on constate en même temps un allongement des chondriocontes qui les renfermaient et la disparition graduelle des globules graisseux contenus dans ces chondriocontes. Vers la fin de la résorption de l'amidon, on voit se former sur le trajet des chondriocontes, surtout aux emplacements qu'occupaient les grains d'amidon, de petits renflements vésiculeux, qui représentent de jeunes plastes : ceux-ci sont constitués par une paroi mitochondriale et un liquide incolore occupé souvent par un ou plusieurs petits globules graisseux ou même parfois par de petits grains fuchsinophiles.

Tantôt un chondrioconte ne forme qu'un seul renflement à l'une de ses extrémités ou en son milieu, le plus souvent il en forme deux, l'un à chacune des extrémités ; il arrive même que, s'il est très allongé, il en produise un plus grand nombre disposés sur des points quelconques de son trajet. Les globules graisseux en voie de résorption sont à ce moment devenus très rares ; pendant leur résorption, le chondrioconte tout entier prend parfois une teinte brun clair avec l'acide osmique, comme si la graisse en se résorbant, se diffusait dans toute sa substance. Pendant ces phénomènes, on constate toujours, en dehors des chondriocontes, un assez grand nombre de mitochondries granuleuses ou en courts bâtonnets ; certains de ces éléments offrent même une tendance à s'allonger en courts chondriocontes qui se distinguent des chondriocontes destinés à se transformer en plastes, par leur épaisseur un peu moindre et leur dimension plus courte et surtout par leur absence complète de graisse. Les petits plastes formés sur le trajet des chondriocontes grossissent peu à peu et montrent une tendance à se séparer sous forme de gros plastes.

Lorsque la fleur a achevé son développement et est sur le point de s'ouvrir, les cellules épidermiques montrent un noyau situé sur l'un des côtés de la cellule, et un cytoplasme réduit à une mince couche pariétale entourant une énorme vacuole et reliée au noyau par de minces trabécules. La vacuole renferme toujours un contenu phénolique plus ou moins bruni par l'acide osmique. Le cytoplasme présente, en dehors de globules graisseux très nombreux, un chondriome constitué par les plastes dérivés des chondriocontes que nous venons de décrire, et par des mitochondries granuleuses ou en forme de courts bâtonnets, parfois à l'état de chondriocontes peu allongés. Les plastes sont des formations incomplètement différenciées qui presque toujours conservent les traces des chondriocontes qui les ont formés ; ce sont parfois de simples chondriocontes allongés, onduleux, plus épais que les chondriocontes ordinaires, ou de petits bâtonnets trapus résultant d'une segmentation transverse de chondriocontes allongés ; le plus souvent, ce sont de gros corpuscules anguleux ou arrondis, constitués par une mince paroi de substance mitochondriale entourant une grosse vacuole. La plupart de ces éléments conservent, à l'une de leurs extrémités ou à leurs deux extrémités, un appendice filiforme, reste du chondrioconte qui les a formés. Très souvent aussi, ces éléments restent accouplés deux à deux par la partie effilée du chondrioconte générateur et conservent la forme d'haltères (Pl. 36, fig. 16). A ce moment, ils ne renferment presque plus de trace de graisse : c'est à peine si l'on constate, dans leur substance mitochondriale ou dans le liquide de leurs vésicules, un ou deux petits globules graisseux. Parfois l'acide osmique leur donne encore une teinte brun clair due sans doute à de la graisse diffuse dans la substance mitochondriale. Nous verrons qu'au moment de la dégénérescence de la fleur, ces éléments se remplissent de nouveau de globules graisseux.

Dans les cellules épidermiques des stigmates, le chondriome présente, au début, les mêmes caractères et la même évolution que dans les cellules épidermiques des sépales et des pétales. Les chondriocontes se remplissent de globules graisseux, puis élaborent des grains d'amidon composés. Ceux-ci, une fois parvenus à maturité, se résorbent et, pendant leur résorption, on constate une diminution notable des globules graisseux ; cependant une partie de ceux-ci persistent. Après la résorption de l'amidon, les chondriocontes forment aux endroits qu'occupait cet amidon de petites vésicules, puis parfois à côté, un ou plusieurs petits renflements qui se remplissent de petits globules graisseux. Dans une cellule épidermique d'un stigmate parvenu à son entier développement, on observe un noyau situé sur un côté de la cellule et un cytoplasme pariétal entourant une énorme vacuole remplie d'un contenu phénolique et relié au noyau par de fins trabécules qui traversent cette vacuole. Le cytoplasme offre de nombreux globules graisseux et un chondriome constitué par des mitochondries granuleuses ou en courts bâtonnets, parfois des chondriocontes peu allongés, qui constituent la partie végétative du chondriome, et les chondriocontes que nous venons de décrire, qui se présentent sous forme de longs filaments onduleux, pourvus sur leur trajet d'une ou plusieurs vésicules et d'un ou plusieurs renflements remplis de globules graisseux (Pl. 35, fig. 2, 6 à 11, et Pl. 37, fig. 1 et 2).

Dans les cellules épidermiques des étamines, on observe également un chondriome composé par des mitochondries granuleuses et de très nombreux chondriocontes, remplis de petits globules graisseux, et qui élaborent de l'amidon, mais ici la graisse semble persister intégralement après la résorption de l'amidon et jusqu'à la dégénérescence cellulaire.

Les coupes que nous avons observées ne représentaient pas des stades suffisamment jeunes pour permettre l'étude de la formation des amyloplastes et des chromoplastes des cellules du mésophylle des différentes pièces de la fleur. Dans ces cellules, la transformation d'une partie des mitochondries en plastes est beaucoup plus précoce que dans les cellules épidermiques. On constatait seulement, dans ces cellules parenchymateuses des pétales et des sépales, à côté de mitochondries végétatives sous forme de grains ou de bâtonnets, de jeunes chloroplastes à l'état de petits corpuscules arrondis ou, parfois encore, reliés deux à deux par la partie effilée du chondrioconte dont ils dérivent. Ces chloroplastes sont à leur origine criblés de petits globules graisseux, noircis par l'acide osmique : ils ne tardent pas à élaborer, en un point voisin de leur périphérie, un grain d'amidon composé coloré en bleu par le bleu de toluidine (Pl. 37, fig. 4 et 5). Pendant la formation de ce grain, il ne semble pas y avoir de diminution de globules graisseux qui restent très nombreux dans toute l'écorce qui entoure le grain. Ces grains sont si nombreux que dans les préparations mal réussies où la coloration du plaste est peu distincte, le grain d'amidon semble entouré d'une couche de graisse. Au moment de la maturation de l'amidon, on constate au contraire une diminution rapide de ces globules graisseux (Pl. 37, fig. 6) et après résorption de cet amidon, les chloroplastes apparaissent alors comme des corpuscules arrondis que l'acide osmique colore d'une manière diffuse en brun pâle comme si ces globules, au moment de leur résorption, se diffusaient dans le plaste. A un stade ultérieur, les chloroplastes apparaissent comme de gros corpuscules arrondis, ne renfermant pas de graisse diffuse, mais parfois seulement un ou deux petits globules graisseux.

Dans les cellules du mésophylle des stigmates, on constate simplement la présence de chondriocontes renfermant de petits renflements remplis de globules graisseux. Ceux-ci n'aboutissent pas à la formation de véritables plastes. Il en est de même dans les cellules parenchymateuses de l'étamine.

La méthode de Benda-Kull nous a permis, dans les coupes de fleur très jeunes, de constater une production active de globules graisseux dans les cellules-mères de l'assise nourricière des grains de pollen. Celles-ci se présentent dans les stades les plus jeunes que nous ayons examinés sous forme de grosses cellules, à cytoplasme très dense, prenant avec la méthode de Kull une coloration rouge orangé foncée, et avec un ou deux gros noyaux, de contours irréguliers, à plusieurs nucléoles. Le chondriome se compose d'un certain nombre de mitochondries granuleuses et surtout d'un très grand nombre de chondriocontes. Ces éléments, d'abord minces, s'épaississent peu à peu et deviennent très allongés, parfois ramifiés et répartis dans tout le cytoplasme. Ils n'élaborent jamais d'amidon. Par contre, ils forment sur leur trajet, soit à une de leurs extrémités, soit en divers points quelconques de leur surface, et à l'extrémité de leurs ramifications, s'ils en ont, d'assez gros renflements souvent vésiculeux.

Les chondriocontes sont remplis de petits globules graisseux, colorés en brun noirâtre par l'acide osmique (Pl. 36, fig. 15 et 17). Ces globules graisseux apparaissent d'abord sous forme de petits grains, surtout dans les renflements vésiculeux formés sur le trajet des chondriocontes, tout autour de la partie hyaline qui occupe le centre des vésicules, puis ils grossissent et prennent parfois des dimensions relativement grandes. Dans les stades qui précèdent la dégénérescence de ces cellules, les renflements formés sur le trajet des chondriocontes se séparent, par résorption, des parties effilées qui les réunissent, et apparaissent comme de gros plastes arrondis et vésiculeux remplis de graisse.

Les grains de pollen offrent des amyloplastes dérivés de chondriocontes qui sont remplis de globules graisseux et qui, en outre, élaborent de l'amidon.

L'observation de coupes tangentielles ou transversales, fixées et colorées par la même méthode, des bractées et des feuilles, permettent également de contrôler ce que nous avons observé vitalement.

Les cellules épidermiques très jeunes des bractées et des feuilles offrent un chondriome constitué par des mitochondries granuleuses ou en courts bâtonnets et de longs chondriocontes remplis de petits globules graisseux qui élaborent sur leur trajet des grains d'amidon simples ou composés. Plus tard, l'amidon se résorbe et la graisse diminue ou disparaît pour se reformer ensuite dans certains cas dans de petits renflements formés à la surface des chondriocontes. Les cellules épidermiques des bractées ou des feuilles arrivées à leur complet développement se présentent sous forme de cellules très allongées avec un gros noyau situé sur le côté (Pl. 35, fig. 1 et Pl. 37, fig. 3). Le cytoplasme montre, en dehors d'un plus ou moins grand nombre de petits globules graisseux, un chondriome constitué par des mitochondries granuleuses ou en courts bâtonnets et des chondriocontes minces, très allongés, onduleux, renfermant parfois quelques petits globules graisseux disséminés le long de leur trajet. Ces globules graisseux font parfois défaut ; ils semblent subir de nombreuses variations pendant la durée de vie des cellules parvenues à leur développement complet.

Dans certaines cellules un peu vieilles, les chondriocontes s'allongent beaucoup et forment sur leur milieu ou sur plusieurs points de leur trajet de petits renflements qui se remplissent de globules graisseux. Il arrive que le chondrioconte prend alors une forme plus ou moins rectiligne et offre une vague ressemblance avec un cristalloïde (Pl. 35, fig. 1), mais le fait que l'on constate parfois sur la partie effilée de petits globules graisseux montre bien que cette partie ne saurait être considérée comme un cristalloïde.

Les coupes que nous avons observées nous ont permis de suivre, dans les cellules parenchymateuses des bractées et des feuilles, la formation des chloroplastes à partir des chondriocontes. Les chloroplastes apparaissent comme de petits renflements sur le trajet des chondriocontes remplis de globules graisseux. Ces renflements situés le plus souvent aux extrémités ou au milieu des chondriocontes donnent à ces éléments l'aspect d'haltères, de massues ou de fuseaux. Ils élaborent chacun un grain d'amidon composé, puis se séparent par rupture de la partie effilée qui les réunit, lorsqu'ils sont au nombre de plusieurs sur le même chondrioconte, et apparaissent comme de gros corpuscules arrondis ; leur amidon et leur graisse se résorbent et les chloroplastes grossissent. A l'état adulte, ils se présentent parfois sous forme de grosses masses de forme ovale ou anguleuse, munies d'appendices effilés, restes du chondrioconte qui les a formés. Ils renferment presque toujours un ou deux petits globules graisseux (Pl. 37, fig. 7 et 8).

La méthode de Regaud permet également de bien observer l'évolution du chondriome, mais elle a l'inconvénient de ne pas conserver les graisses et ne permet pas de suivre leur formation et leur destinée. Elle montre cependant que les plastes leucoplastes, chloro- et chromoplastes au fur et à mesure qu'ils se différencient, perdent leur chromaticité : ils se colorent beaucoup moins fortement par l'hématoxyline qui leur donne une teinte gris foncé.

L'ensemble de nos observations vitales et de l'examen des coupes fixées et colorées nous montre donc que, dans tous les cas, les chondriocontes, dès le début du développement des cellules, se remplissent de globules brunissant par l'acide osmique. Ces globules sont solubles dans le xylol, l'alcool et le chloroforme ; ils se colorent par le soudan III. On peut donc admettre qu'ils sont de nature graisseuse. Il se peut toutefois qu'ils représentent des graisses phosphorées, voisines de lécithines qui, d'après Stoklasa, sont très abondantes dans les fleurs et suivent une évolution assez analogue à celle que nous venons de décrire pour ces globules graisseux. Quoi qu'il en soit, ces globules graisseux ne semblent pas en rapport avec la formation des grains d'amidon, ils persistent pendant l'élaboration de l'amidon et apparaissent même dans les chondriocontes qui n'élaborent pas d'amidon.

Dans la plupart des cellules, ces graisses se résorbent sinon complètement, au moins en grande partie au moment où les grains d'amidon ont atteint leur maturité et surtout lors de la résorption de l'amidon et de la formation de la xanthophylle et de la chlorophylle. Cependant, dans certaines cellules, ils peuvent persister intégralement pendant tout le développement de la cellule. Dans l'épiderme des bractées et des feuilles, ils peuvent, après s'être résorbés, réapparaître à certains moments. Nous verrons plus loin que même dans le cas où ces graisses se résorbent à un moment donné, elles réapparaissent toujours en grande quantité au moment de la dégénérescence cellulaire.

La présence de globules graisseux dans les plastides est connue depuis longtemps ; elle a été signalée par Nägeli, W. Schimper, A. Meyer, Zimmermann, plus récemment par Buscalioni, mais jamais l'évolution de cette graisse n'avait été l'objet d'une observation précise. La signification de ces globules graisseux est une des questions les plus délicates que nous nous réservons de discuter à la fin de cet article.

## H) DÉGÉNÉRESCENCE CELLULAIRE

L'étude de la dégénérescence du chondriome pendant la fanaison de la fleur est beaucoup plus facile à réaliser ici que dans la fleur de Tulipe, et la fleur d'*Iris germanica* est certainement, parmi toutes celles que nous avons observées, celle qui s'est le mieux prêtée à cette étude. Les phénomènes de fanaison commencent vers le haut de la fleur pour se poursuivre peu à peu vers la base. Les cellules épidermiques des stigmates pétaloïdes permettent notamment dans une fleur au début de sa fanaison de suivre sur le vivant tous les stades successifs de la dégénérescence cellulaire.

On a vu que, dans la fleur sur le point de s'épanouir, le chondriome de ces cellules est constitué par des mitochondries granuleuses ou en courts bâtonnets et par des chondriocontes très allongés, onduleux, souvent ramifiés, présentant sur leur trajet un ou plusieurs renflements vésiculeux et, parfois aussi, des renflements remplis de graisse réduisant l'acide osmique. Au moment de l'ouverture de la fleur, les chondriocontes présentent des signes d'altération : ils apparaissent plus allongés encore ; ils ne présentent ordinairement plus de renflements chargés de graisse, mais seulement des renflements vésiculeux qui deviennent énormes par suite d'absorption d'eau dans leur vacuole centrale. En outre, ils sont beaucoup plus fréquemment ramifiés que dans les stades précédents et l'on rencontre des chondriocontes plusieurs fois ramifiés. Enfin, ils renferment sur tout leur trajet d'assez nombreuses gouttelettes graisseuses.

La fréquence des ramifications de ces éléments peut s'expliquer comme dans les cas ordinaires par une croissance latérale des chondriocontes. Cependant, à ce stade, le stigmate a rempli son rôle et l'on peut admettre qu'il commence déjà sa dégénérescence : aussi une croissance des chondriocontes s'explique difficilement. Il ne semble pas, d'autre part, que ces ramifications proviennent de l'anastomose de plusieurs chondriocontes. Nous penserions plutôt que beaucoup de ces ramifications sont dues à des vésicules, formées sur le trajet d'un chondrioconte, qui auraient éclaté sous la pression de leur liquide intérieur et dont une partie de la paroi déchirée simulerait une ramification du chondrioconte. Des phénomènes semblables s'observent, comme on l'a vu, dans les cellules soumises à l'action d'un liquide hypotonique.

Peu à *peu, ces chondriocontes se remplissent, sur tout leur trajet*, de petites inclusions graisseuses. L'apparition des renflements vésiculeux et de ces inclusions graisseuses semble marquer le début de la dégénérescence (Pl. 34, fig. 1 et 2).

Dans une fleur qui commence à se faner, on observe sur le vivant à la base des stigmates qui, *macroscopiquement, ne présentent pas* encore d'altération, des cellules avec un noyau d'aspect normal et de nombreux chondriocontes pourvus sur leur trajet de gros renflements vésiculeux et remplis de petites inclusions graisseuses (Pl. 34, fig. 1 et 2). Au fur et à mesure qu'on se rapproche de l'extrémité supérieure du stigmate, lequel est déjà extérieurement très altéré et recroquevillé sur lui-même, on observe les modifications suivantes :

Le noyau offre un réseau chromatique de plus en plus lâche et le nucléoplasme devient prédominant ; le nucléole se rapetisse et finit par se résorber, puis le réseau chromatique se réduit de plus en plus et finit par n'occuper que la périphérie du noyau (Pl. 34, fig. 13, *a*, *b* et *c*) ; il se transforme ensuite en fines granulations et cesse d'être visible. Le noyau est alors réduit à sa membrane et présente l'aspect d'une vacuole (*d*), enfin il diminue de volume, prend une forme irrégulière, ridée (*e*) et disparaît complètement ; il subit donc une sorte de chromatolyse semblable à celle que nous avons décrite dans la Tulipe.

Le cytoplasme change d'aspect, se transforme en une masse granulo-alvéolaire qui, vers la fin de la fanaison, se confond avec le suc vacuolaire dans lequel il apparaît sous forme d'un précipité finement granuleux.

Les renflements vésiculeux des chondriocontes ont une *tendance à se séparer les uns des autres, par résorption* des parties effilées, de telle sorte que les chondriocontes se transforment, en partie, en vésicules dont les parois se remplissent de plus en plus d'inclusions graisseuses qui grossissent peu à peu (Pl. 34, fig. 3 à 5), mais souvent ces vésicules restent longtemps reliées par les parties amincies du chondrioconte. Le contenu de ces éléments en dehors des inclusions graisseuses qu'il renferme prend un aspect finement granuleux.

puis leur contour cesse bientôt d'être distinct et finalement, on n'observe plus à l'emplacement des chondriocontes qu'un amas de globules graisseux entremêlés de fines granulations qui ne réduisent pas l'acide osmique (Pl. 34, fig. 7 et 11). Enfin ces globules graisseux se fusionnent les uns aux autres et finissent par constituer de très gros globules sphériques à contours lobés (Pl. 34, fig. 12).

Dans les cellules complètement dégénérées, ce sont les seuls éléments qui subsistent dans les cellules au milieu d'une substance hyaline, avec parfois un corpuscule anthocyanique correspondant au cyanoplaste de Politis. Tous ces phénomènes, faciles à suivre sur le vivant ou dans des préparations vivantes montées dans une solution d'acide osmique, peuvent être aussi contrôlés par l'examen des coupes fines colorées par la méthode de Benda-Kull. Dans ces préparations, les globules graisseux sont teintés en brun foncé par l'acide osmique et se détachent parfaitement des chondriocontes colorés en rouge par la fuchsine acide. Pendant leur désorganisation, les chondriocontes se réduisent en gros globules graisseux et en fines granulations fuchsinophiles. Quant aux mitochondries, elles se transforment en petites vésicules et semblent se résorber sans production graisseuse (Pl. 37).

Des phénomènes assez semblables s'effectuent dans les cellules épidermiques des sépales et des pétales.

Les leucoplastes inactifs des cellules dépourvues de pigment jaune se remplissent de globules graisseux (Pl. 34, fig. 9 et 10) et se réduisent en fines granulations fuchsinophiles qui, peu à peu, semblent se résorber, tandis que les globules graisseux mis en liberté par désorganisation des leucoplastes apparaissent disséminés dans la cellule par petits groupes, qui représentent chacun le reste d'un leucoplaste Ces globules graisseux ensuite se fusionnent en grosses masses et dans les cellules parvenues à la fin de la dégénérescence, on ne retrouve plus que de grosses masses graisseuses, de contour irrégulier, dans le liquide cellulaire. Les chromoplastes des régions qui renferment de la xanthophylle subissent des phénomènes semblables, mais après leur désorganisation, le pigment jaune semble se dissoudre dans la substance graisseuse qui apparaît colorée en jaune (Pl. 33, fig. 10).

On retrouve également des phénomènes de même ordre dans les cellules épidermiques des bractées et des feuilles. Il en est de même pour les cellules parenchymateuses de ces organes qui subissent une dégénérescence graisseuse qui se produit aux dépens des chloroplastes (Pl. 33).

Au moment où va commencer la dégénérescence, les chloroplastes, généralement dépourvus de graisse ou n'en renfermant que très peu, se remplissent de petits globules graisseux ; ceux-ci apparaissent sur toute la périphérie du chloroplaste, d'abord sous forme de petites gouttelettes faisant saillie en dehors du chloroplaste (Pl. 37, fig. 11 et 12). Ils deviennent de plus en plus nombreux et de plus en plus gros, puis la substance du chloroplaste se résoud en petites granulations au milieu desquelles on distingue des granulations de chlorophylle. Les chloroplastes ainsi altérés finissent par confluer les uns aux autres en grosses masses irrégulières, tandis que leurs globules graisseux se fusionnent également en énormes masses, qui se colorent peu à peu en vert. Il semble donc que la chlorophylle comme la xanthophylle se dissolve dans ces globules graisseux (Pl. 33, fig. 6, 9 et 10). A la fin de la dégénérescence, les cellules ne montrent plus que d'énormes masses graisseuses remplies de chlorophylle en dissolution.

On observe également une dégénérescence graisseuse analogue dans les cellules épidermiques des anthères, mais celle-ci est beaucoup plus précoce et commence avant l'ouverture de la fleur. La maturité des grains d'amidon précède en effet l'ouverture de la fleur et les cellules épidermiques de l'anthère ont achevé leur rôle au moment où la fleur s'épanouit. Nous avons vu que ces cellules ont un chondriome constitué à la fois par des mitochondries granuleuses et par des chondriocontes allongés et remplis de graisse ; ceux-ci élaborent, sur un ou plusieurs points de leur trajet, de petits grains d'amidon. Cet amidon a acquis sa croissance définitive dès les stades les plus jeunes du développement de la fleur. Peu après, il se résorbe et, bien avant l'épanouissement de la fleur, on n'en trouve plus de trace. Il est probable qu'il est utilisé à la formation du pollen et qu'il émigre sous forme de glucose dans les cellules centrales de l'anthère. A partir de ce moment, l'anthère est sur le point d'arriver à sa maturité et de s'ouvrir ; ainsi on comprend que les cellules épidermiques ont achevé leur rôle. Pendant la formation et la résorption de l'amidon, les chondriocontes conservent leurs globules graisseux. Vers la fin de cette résorption, ils forment sur leur trajet, au voisinage de l'emplacement qu'occupait chaque grain composé d'amidon, une petite vésicule (Pl. 23, fig. 5). La vésicule se gonfle peu à peu, puis les parties effilées du chondrioconte se résorbent et les vésicules sont mises en liberté. Leur paroi se résoud en fines granulations qui cessent bientôt d'être visibles, puis il ne reste plus à l'emplacement de chaque vésicule qu'un amas de petits globules graisseux (Pl. 23, fig. 6) ; ceux-ci se fusionnent et constituent de grosses masses graisseuses qui sont les seuls éléments qui persistent dans les cellules dégénérées. Ici on voit donc qu'il n'y a pas production de graisse au moment de la dégénérescence et que les graisses qui se séparent de la substance mitochondriale pendant la désorganisation des chondriocontes y préexistaient depuis longtemps.

La production d'inclusions graisseuses dans les chondriocontes et les plastes que nous avons souvent observée au cours du développement des cellules semble donc, au moins dans certains cas, résulter d'une dégénérescence cellulaire, ce qui complique encore l'interprétation de leur signification. Les chondriocontes et les plastes subissent donc une dégénérescence graisseuse très nette qui se traduit par la transformation d'une partie de leur substance en globules graisseux. Cette dégénérescence ne constitue pas un processus général de dégénérescence cellulaire, car nous ne l'avons constaté ni dans la fleur de Tulipe, ni dans d'autres fleurs que nous examinerons plus loin. Une semblable dégénérescence a déjà été signalée par Laurent dans les feuilles de diverses espèces de Palmiers et attribuée à un processus pathologique (maladie graisseuse) (1).

Il est difficile de savoir s'il s'agit simplement d'une transformation des mitochondries en graisse, ou si la graisse résulte d'une élaboration au sein des mitochondries à partir des éléments contenus dans le cytoplasme, comme semblerait l'indiquer la dégénérescence des cellules épidermiques des anthères où la graisse se forme dès le début du développement de la cellule.

A la suite de ces observations, il est permis de se demander si la dégénérescence graisseuse que subissent souvent les cellules des tissus animaux ne résulterait pas aussi d'une dégénérescence du chondriome. Cette opinion serait d'autant plus vraisemblable que

---

(1) L'existence de semblables processus de dégénérescence a été décrite après la publication de notre Note préliminaire par Dufrénoy dans d'autres végétaux.

Fiessinger a décrit dans les cellules du foie une dégénérescence graisseuse du chondriome assez analogue à celle que nous venons de signaler. On sait, d'autre part, que Champy a constaté la présence de graisse dans les mitochondries en voie de dégénérescence.

## FLEURS D'AUTRES ESPÈCES D'IRIS

On retrouve dans la fleur d'*Iris pallida*, qui ne diffère guère d'ailleurs de celle de l'*Iris germanica* que par la teinte moins accentuée de son pigment anthocyanique, les mêmes phénomènes que dans cette dernière.

L'examen vital de l'épiderme des sépales et des pétales au début du développement de la fleur, montre de petites cellules, à contenu très nettement visible, avec un chondriome très riche, constitué par des mitochondries granuleuses ou en courts bâtonnets et de nombreux chondriocontes minces allongés et flexueux, parfois ramifiés. Ces derniers éléments se remplissent de petits globules graisseux, puis élaborent, sur un ou plusieurs points de leur trajet, de petits grains d'amidon, généralement composés. Dans les parties inférieures des sépales et des pétales, les chondriocontes s'imprègnent en même temps de pigment xanthophyllien, tandis que dans les autres régions ils restent incolores. Un peu plus tard, l'amidon se résorbe, tandis que les globules graisseux diminuent de nombre; les chondriocontes forment, sur leur trajet, de petits renflements vésiculeux qui grossissent peu à peu, puis se transforment en gros plastes tout à fait semblables à ceux que nous avons décrits dans l'*Iris germanica*, qui, dans les parties jaunes des sépales et des pétalss, sont des chromoplastes, et, dans les autres parties, sont des leucoplastes inactifs.

Il est à remarquer cependant qu'ici les globules graisseux, très abondants dans les chondriocontes destinés à se transformer en plastes, au lieu de disparaître presque entièrement au moment de la résorption de l'amidon, persistent partiellement dans les plastes.

Les cellules des poils des sépales renferment, à leur origine, un chondriome semblable à celui des sépales : les chondriocontes se remplissent de petits globules graisseux, puis s'imprègnent de xanthophylle et forment sur leur trajet de petits renflements chargés de graisse. Ceux-ci, peu à peu, se transforment en assez gros chromoplastes arrondis, qui conservent leurs globules graisseux jusqu'à la fin de la vie de la fleur.

Dans l'épiderme des stigmates, on observe également au début un chondriome renfermant un grand nombre de chondriocontes remplis de graisse qui élaborent des grains d'amidon, puis après la résorption de l'amidon et de la graisse, ces éléments forment, sur leur trajet, de petites vésicules et souvent aussi des renflements pleins qui se chargent de graisse.

Les cellules épidermiques des étamines offrent aussi des chondriocontes remplis de graisse, élaborant de petits grains d'amidon composés qui se résorbent peu à peu vers la fin de la vie de ces cellules, tandis que la graisse subsiste.

On peut observer également le chondriome des cellules épidermiques des

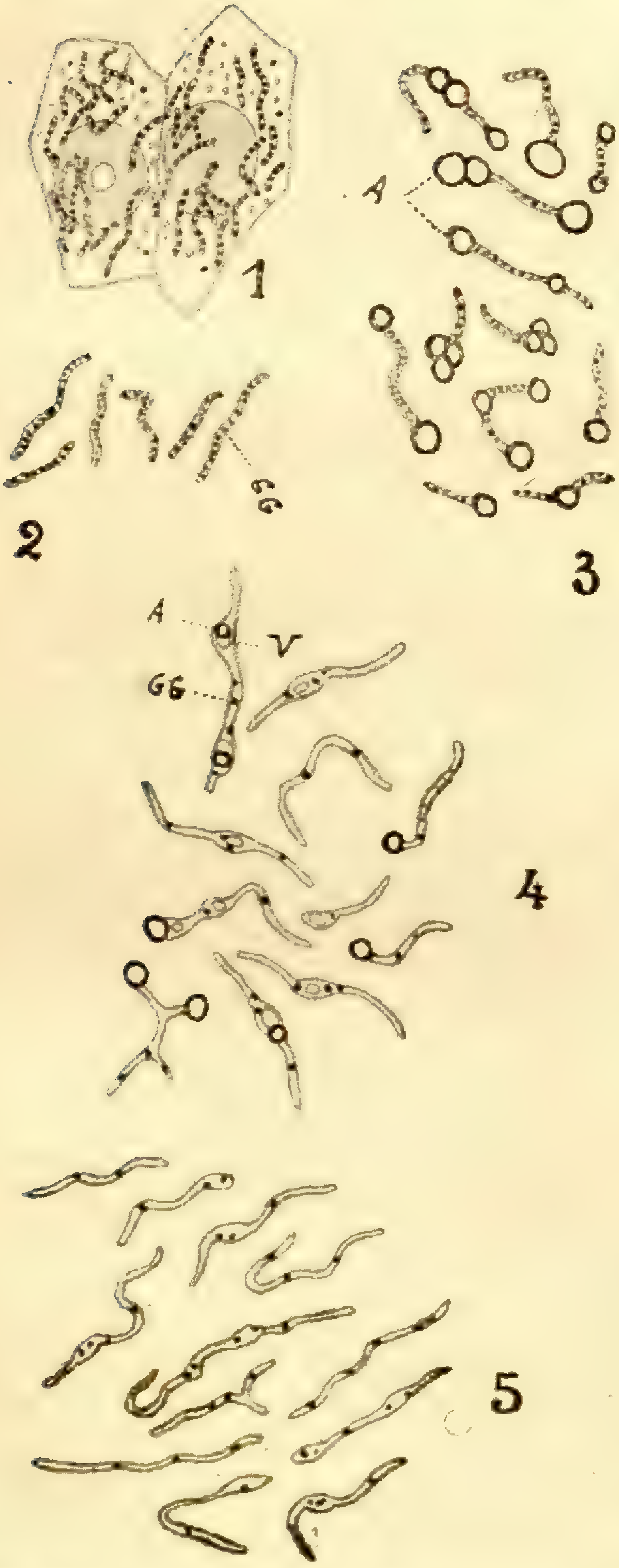


Fig. 13. — Evolution de chondriocontes dans l'épiderme d'une bractée d'*Iris pallida*. — 1. Cellules très jeunes avec leur noyau et leur chondriome.

2. — Chondriocontes remplis de petits globules graisseux (*GG*) dans une cellule très jeune.

3. — Id. en voie d'élaborer des grains d'amidon (*A*).

4. — Résorption des grains d'amidon (*A*) et formation à leur place de renflements vésiculeux (*V*). On constate en même temps la diminution des globules graisseux.

5. — Chondriocontes dans une cellule adulte. (Dessiné sur le vivant. Gr. 1500.)

bractées et des feuilles, qui se présente avec une très grande netteté et montre les mêmes caractères que dans l'*Iris germanica :* il est constitué en partie par des mitochondries granuleuses

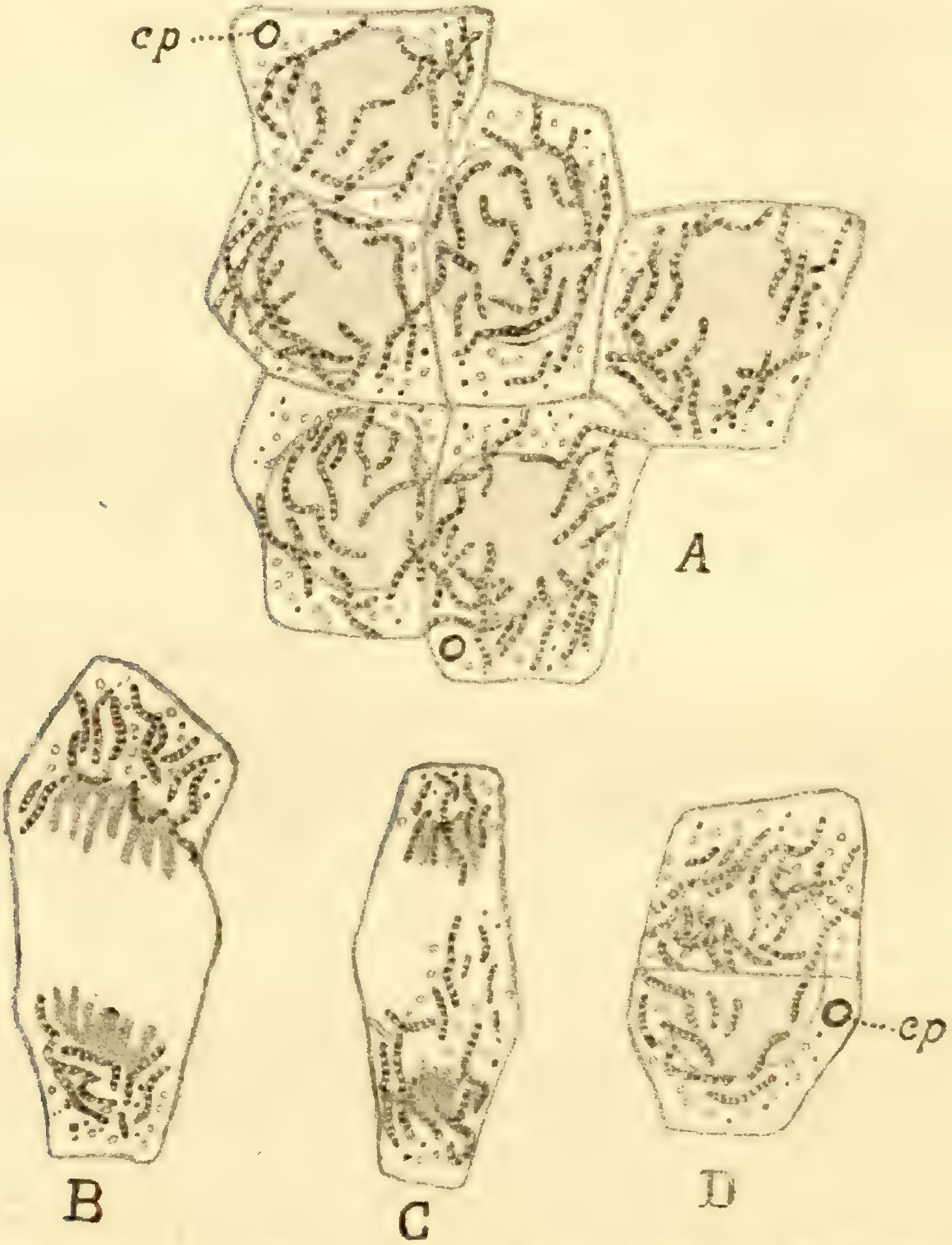


Fig. 14. — Cellules épidermiques d'un très jeune pétale d'Iris de Florence, observées sur le vivant : on y voit des chondriocontes remplis de globules graisseux et des mitochondries granuleuses. *c p.* corpuscule de composé phénolique. Les cellules B, C et D montrent des stades de mitose. (Grossissement : 1500.)

ou en courts bâtonnets, en partie par de longs chondriocontes. Au début du développement, ces derniers sont remplis de petits globules graisseux et élaborent de l'amidon. Cet amidon se résorbe très rapidement et en même temps la graisse disparaît en grande partie. Elle peut réapparaître plus tard dans de petits renflements des chondriocontes (fig. 13).

Pendant la fanaison de la fleur, le chondriome subit les mêmes phénomènes que dans l'*Iris germanica* et l'on constate une dégénérescence graisseuse de la partie élaboratrice du chondriome.

La fleur d'Iris de Florence, qui se distingue des deux précédentes par l'absence presque complète de pigments anthocyaniques offre également des phénomènes très semblables à ceux que nous venons de décrire dans l'*I. germanica* et l'*I. pallida*.

Au début du développement de la fleur, on constate, dans toutes les cellules épidermiques des diverses pièces, un chondriome analogue à celui qu'on observe dans les deux premières espèces ; il est constitué par des mitochondries granuleuses ou en courts bâtonnets et des chondriocontes allongés et onduleux qui se remplissent très rapidement de nombreuses gouttelettes graisseuses.

Dans les stades très jeunes, ces cellules sont en voie d'active division et on y peut suivre facilement, sur le vivant, les diverses phases de la karyokinèse (fig. 14).

Dans les sépales et les pétales, ces chondriocontes s'épaississent, puis élaborent sur un ou plusieurs points de leur trajet des grains d'amidon composés ; en même temps, dans certaines parties, ils s'imprègnent de xanthophylle. A un stade ultérieur, l'amidon se résorbe et les chondriocontes se transforment en gros plastes qui, selon les régions de l'épiderme, sont des chromoplastes ou des leucoplastes inactifs. Ces plastes se présentent comme dans les deux espèces précédentes avec des formes très diverses ; parfois ce sont des chondriocontes à peine modifiés, le plus souvent ce sont de gros corpuscules de forme ovale avec une grosse vacuole centrale, munis ou non d'appendices filiformes, vestiges du chondrioconte dont ils dérivent; parfois enfin ce sont de gros renflements restés réunis deux à deux par la partie effilée du chondrioconte générateur.

Mais ici les globules graisseux formés au début du développement dans les chondriocontes initiaux, bien qu'ils diminuent assez sensiblement de nombre au cours de la résorption de l'amidon, persistent cependant en partie et se retrouvent en assez grande quantité dans les leuco- et chromoplastes.

Les cellules des poils des sépales montrent un chondriome qui évolue de la même manière que dans les espèces précédentes ; les chondriocontes chargés de graisse s'imprègnent de xanthophylle et, sans produire d'amidon, forment sur leur trajet de petits renflements remplis de graisse qui s'isolent par résorption des parties effilées qui les réunissent et prennent l'aspect d'assez gros corpuscules arrondis ou anguleux.

Dans l'épiderme des stigmates, les chondriocontes suivent également la même évolution que dans les fleurs d'*I. germanica* et *pallida* : cependant ils épaississent beaucoup avant de former de l'amidon, ce sont donc des chondriocontes très différenciés, sortes de

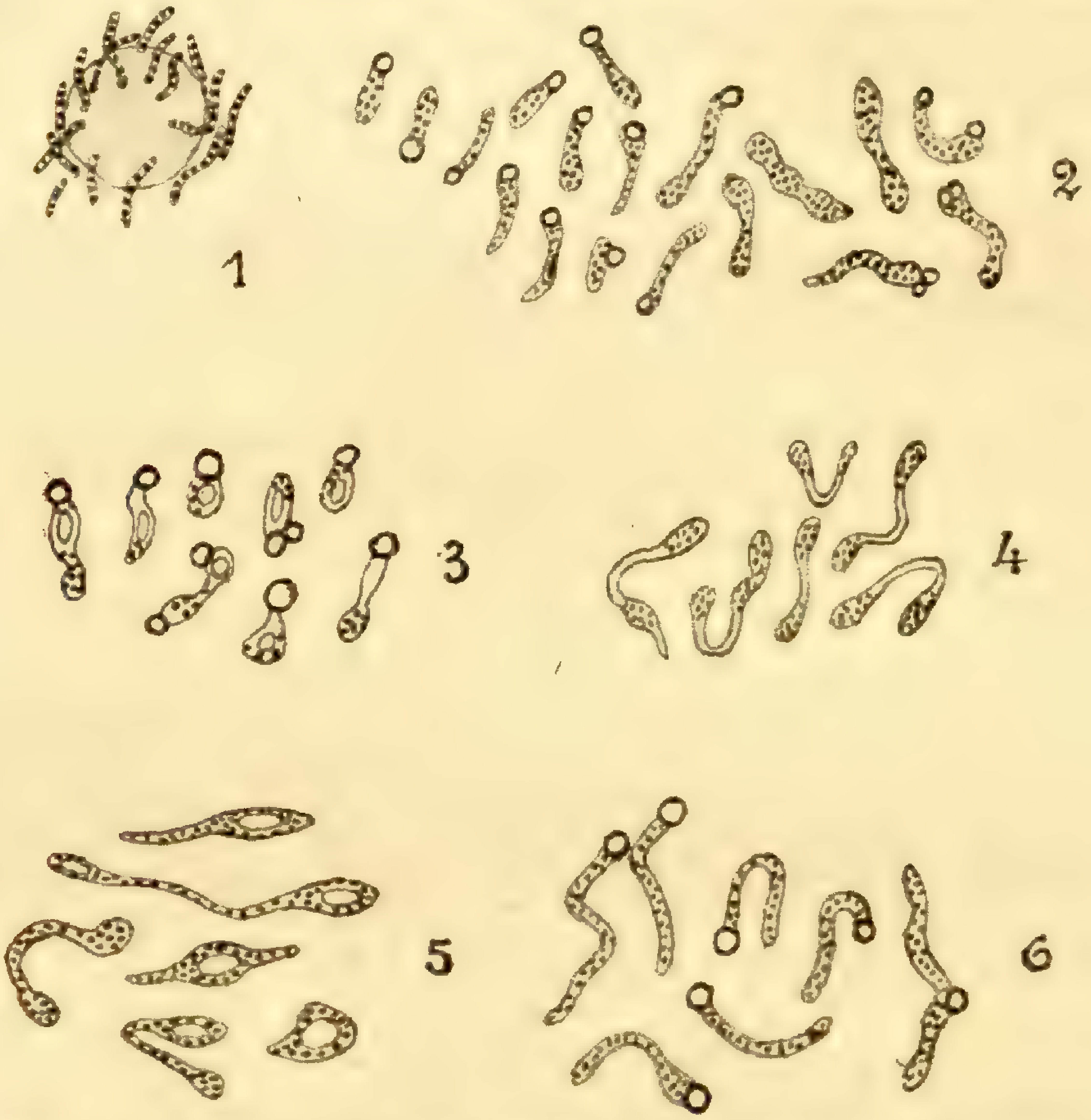


Fig. 15. — **1 à 5.** Stades successifs de l'évolution des chondriocontes dans l'épiderme des stigmates de l'Iris de Florence : 1. Noyau entouré de chondriocontes typiques remplis de petits globules graisseux, dans une cellule très jeune.

2. Les chondriocontes s'épaississent beaucoup et se transforment en ces sortes de plastes en forme de bâtonnets noueux qui forment de petits grains d'amidon.

3. Les bâtonnets très raccourcis pendant l'élaboration de l'amidon, renferment beaucoup moins de graisse et deviennent vésiculeux, tandis que l'amidon se résorbe.

4. Après résorption de l'amidon, les bâtonnets s'allongent et forment sur leur trajet de petits renflements remplis de globules graisseux.

5. Ces renflements se transforment en grosses vésicules, au début de la dégénérescence.

**6.** — **Amyloplastes de l'épiderme de l'anthère : ce sont simplement des chondriocontes** très épaissis et remplis de globules graisseux, qui élaborent à leurs extrémités un grain d'amidon. (Dessiné sur le vivant. Grossissement : 1500.)

plastes. Une fois à cet état, ils élaborent de l'amidon, puis cet amidon se résorbe, tandis qu'apparaissent sur le trajet des chondriocontes de petits renflements vésiculeux remplis de graisse (fig. 15).

L'épiderme des étamines présente également des chondriocontes remplis de graisse qui élaborent des grains d'amidon composés, mais ici ces chondriocontes sont beaucoup plus épais que dans les espèces précédentes.

On peut observer dans l'épiderme des bractées un chondriome analogue, par son aspect et par son évolution, à celui des organes correspondants d'*I. germanica* et *pallida*.

Dans la dégénérescence cellulaire qui se produit pendant la fanaison, on observe les mêmes phénomènes que dans les deux espèces précédentes.

Remarquons enfin pour terminer que les fleurs d'*Iris florentina* ne renferment de pigment anthocyanique que dans les veinules qui se trouvent dans certaines parties de leurs sépales et de leurs pétales. Partout ailleurs, la fleur est blanche. Cependant toutes les cellules qui n'offrent pas d'anthocyane ont dans leurs vacuoles des composés phénoliques incolores très abondants, de même nature que les pigments anthocyaniques. Ces composés phénoliques se colorent vitalement, comme l'anthocyane, par la plupart des colorants vitaux, réduisent l'acide osmique, noircissent par les sels ferriques, sont fixés et colorés en jaune par le bichromate de K. Ils ne diffèrent de l'anthocyane que par le fait qu'en présence du réactif de Courtonne, ils forment un précipité jaune, au lieu d'un précipité vert comme l'anthocyane. Ces substances correspondent donc aux composés phénoliques isolés de certaines plantes par R. Combes et susceptibles de se transformer en pigments anthocyaniques dans certaines conditions chimiques.

On peut facilement, en broyant des fleurs d'*Iris germanica* et d'*Iris Florentina* et en en extrayant le suc, obtenir macroscopiquement cette dernière réaction, différencielle des composés phénoliques et des pigments anthocyaniques.

La plupart des autres espèces d'*Iris* sont également favorables à l'étude vitale du chondriome et au mode de formation des pigments.

Parmi ces espèces, il en est une dont nous n'avons pu suivre tout le développement, mais qui présente un intérêt spécial pour l'observation vitale du chondriome et les recherches physiologiques. C'est l'Iris d'Espagne. Les fleurs les plus jeunes que nous ayons examinées renfermaient, dans leurs sépales, dans leurs pétales et dans leurs stigmates, des leucoplastes et chromoplastes xanthophylliens, sous forme de gros corpuscules arrondis ou anguleux et remplis d'inclusions graisseuses. Néanmoins il nous a été possible de suivre une partie du développement des leucoplastes dans les cellules épidermiques des stigmates. Ces éléments dérivent des chondriocontes allongés qui se renflent à leur extrémité, en forme d'haltères. Les renflements se remplissent de petites inclusions graisseuses, puis se séparent par rupture de la partie effilée qui les réunit et apparaissent sous forme de gros corpuscules. Ces cellules épidermiques ont une membrane peu épaisse qui permet de les observer avec beaucoup de facilité ; une fois parvenues à leur développement définitif, elles montrent très nettement de nombreux leucoplastes, très gros, de forme anguleuse, à pointe effilée, remplis de petits globules graisseux, et un chondriome très abondant, constitué par un certain nombre de chondriocontes parfois assez allongés et de nombreuses mitochondries granuleuses. Un observateur non prévenu, qui n'aurait pas suivi l'origine des leucoplastes et n'aurait pas constaté que ces éléments résultent de la différenciation de chondriocontes analogues à ceux qui subsistent dans la cellule adulte, serait conduit à admettre que ces deux catégories d'éléments : plastes anguleux chargés de graisse et mitochondries végétatives, sont des éléments de nature différente.

L'observation de ces cellules en milieu hypotonique permet de démontrer, avec plus de facilité encore que dans les espèces précédemment observées, que les plastes et les mitochondries végétatives se comportent exactement de même. En effet, il est facile de constater que les leucoplastes se transforment d'abord en grosses vésicules rondes dont le liquide intérieur renferme des globules graisseux animés de mouvements browniens. Les mitochondries et les chondriocontes résistent un peu plus longtemps, puis prennent à leur tour l'aspect de vésicules un peu plus petites, mais parfaitement nettes (Pl. 26, fig. 5 et 6).

Dans l'*Iris belgica* (Pl. 38, fig. 8 à 11), le développement des chromoplastes est facile à suivre dans les cellules épidermiques du périanthe. Dans la fleur très jeune, l'épiderme des sépales et des pétales est constitué par de petites cellules renfermant un gros noyau situé au centre et un chondriome très apparent formé surtout de nombreux chondriocontes minces, flexueux et allongés, agglomérés surtout autour du noyau. Ces éléments s'imprègnent de pigment xanthophyllien et élaborent de petits grains d'amidon simples ou composés. A un stade ultérieur, l'amidon se résorbe et les chondriocontes se renflent aux extrémités, formant des haltères dont les renflements se séparent ou restent réunis. Dans la fleur ouverte, les chromoplastes présentent des formes semblables à celles que nous avons décrites dans l'*Iris germanica*.

L'*Iris* fauve (Pl. 38, fig. 1 à 3) présente des phénomènes assez semblables ; on observe, dans les cellules épidermiques jeunes des sépales et des pétales, des chondriocontes allongés et flexueux imprégnés de xanthophylle et remplis de petites inclusions graisseuses. Ces éléments se renflent à leurs extrémités ou en divers points de leur trajet et dans les renflements ainsi formés, on peut suivre le développement de grains d'amidon. Pendant la croissance de l'amidon, ces renflements se séparent par résorption des parties effilées qui les réunissaient de telle sorte que dans la fleur ouverte, on n'observe plus que de gros chromoplastes arrondis, renfermant de gros grains d'amidon composés.

La formation du pigment xanthophyllien a été observée dans l'*Iris pseudacorus* par W. Schimper. Cet auteur observe d'abord de petits leucoplastes en forme de bâtonnets, puis de gros chromoplastes en forme de corpuscules anguleux que l'auteur considère comme due à une cristallisation d'une partie de la protéine du plaste.

D'après nos observations, l'*Iris pseudacorus* encore très jeune et incolore, présente dans les cellules épidermiques de ses sépales et de ses pétales des chondriocontes très nombreux, minces et onduleux, groupés surtout autour du noyau. Ces éléments s'imprègnent bientôt de pigment xanthophyllien, puis se renflent à leurs extrémités ou sur le milieu donnant des formes en haltères, têtards, fuseaux (Pl. 38, fig. 4 à 7). Des grains d'amidon composés se déposent ensuite dans ces renflements. Après la résorption de cet amidon, les chromoplastes finissent par se séparer par résorption des parties effilées qui les réunissent, mais cette résorption n'étant que rarement complète, ils conservent toujours la forme spéciale qui rappelle leur origine. Ils offrent l'aspect de gros corpuscules, parfois arrondis, mais le plus souvent de forme ovale ou en fuseaux, ou vaguement irrégulière ; quelques-uns ont encore une sorte d'appendice effilé, reste du chondrioconte qui leur a donné naissance. Ces formes ont été attribuées par W. Schimper à une cristallisation de la substance protéique du plaste, mais elles ne présentent aucune biréfringence en lumière polarisée, et il est beaucoup plus naturel d'admettre qu'elles sont seulement dues à ce que les chromoplastes résultant de renflements formés sur le trajet de chondriocontes n'ont pas pris une forme nettement arrondie par suite d'une résorption incomplète du chondrioconte générateur.

Nous n'avons observé que les fleurs déjà ouvertes d'*Iris angelica :* l'épiderme des sépales et des pétales présentait des chromoplastes et des leucoplastes, sous forme de gros corpuscules arrondis, remplis d'inclusions graisseuses.

Parmi tous les *Iris* que nous avons observés, il en est deux qui présentent un intérêt spécial parce qu'ils sont très favorables aux études vitales du chondriome et permettent d'observer, avec la plus grande facilité, tous les stades des phénomènes de la pigmentation, ce sont l'*Iris siberica* et l'*Iris fœtidissima.*

L'*Iris siberica* présente, comme la plupart des autres espèces, deux pigments, un pigment jaune réparti dans la plupart des cellules épidermiques des sépales et des pétales et même dans celui des stigmates, associé à un pigment anthocyanique violet.

Les pièces du périanthe ayant une croissance marginale, il est possible, dans un même lambeau de l'épiderme marginal d'une de ces pièces déjà assez développée et pigmentée, d'observer tous les stades de l'évolution des mitochondries et de la formation du pigment. Les cellules de l'assise la plus externe de la partie marginale sont encore dépourvues de pigment et sont à l'état de petites cellules avec un gros noyau et un chondriome constitué par des mitochondries granuleuses, de courts bâtonnets, et surtout par un grand nombre de chondriocontes minces et allongés, à contours onduleux qui se remplissent de nombreuses inclusions graisseuses (Pl. 38, fig. 12 et 13). Si on observe les assises situées immédiatement en dessous, on peut y suivre tous les stades de l'évolution du chondriome. On voit les chondriocontes s'imprégner d'abord de pigment jaune, sans modifier leurs formes, puis produire à leurs extrémités, ou sur le milieu, de petits renflements qui leur donnent des formes d'haltères, de têtards ou de fuseaux.

A un stade ultérieur, ces renflements forment dans leur intérieur de petits grains d'amidon composés (Pl. 38, fig. 14), puis ils s'isolent les uns des autres par rupture des parties effilées qui les réunissaient avant la résorption des grains d'amidon. Ils apparaissent sous forme de gros corpuscules, parfois arrondis, mais le plus souvent pourvus, à l'une ou à l'autre des deux extrémités, d'appendices effilés, restes du chondrioconte générateur; quelques-uns restent parfois réunis en haltères par persistance du chondrioconte qui les a formés. L'amidon se résorbe de bonne heure, mais les chromoplastes apparaissent toujours remplis d'un très grand nombre d'inclusions graisseuses (Pl. 38, fig. 15 à 16).

Dans les cellules épidermiques des stigmates, on observe la formation de chromoplastes par le même processus, mais ces chromoplastes une fois formés offrent généralement une forme sphérique : ils sont également remplis de gouttelettes graisseuses (Pl. 38, fig. 17).

Les bractées permettent aussi d'observer facilement la formation des leucoplastes à partir des chondriocontes. Les cellules les plus jeunes renferment de nombreux chondriocontes qui présentent sur leur trajet un certain nombre d'inclusions graisseuses. Ces éléments produisent ensuite, à leurs extrémités ou sur divers points de leur trajet, de petits renflements qui se remplissent d'inclusions graisseuses, puis finissent par grossir et se séparer les uns des autres par rupture des parties effilées : ceux-ci apparaissent alors sous forme de corpuscules arrondis criblés de petits globules graisseux, qui ressemblent tout à fait à de petits élaïoplastes.

L'*Iris fœtidissima*, très voisin de l'*Iris siberica*, n'en diffère guère que par l'absence de pigment jaune dans les sépales et les pétales; les sépales renferment à leur base seulement des chromoplastes xanthophylliens qui se forment tout à fait comme dans l'*Iris siberica* (Pl. 38, fig. 20). Les autres cellules de l'épiderme des sépales et toutes les cellules épidermiques des pétales ne renferment que des leucoplastes de même forme que les chromoplastes et remplis comme ces derniers de globules graisseux (Pl. 38, fig. 20).

Dans l'épiderme des stigmates et de l'anthère, les leucoplastes se présentent généralement sous forme de gros corpuscules arrondis remplis de graisse (Pl. 38, fig. 21). Dans les bractées, on observe comme dans l'*Iris siberica* la formation, à partir du chondrioconte, de gros leucoplastes ronds remplis de graisse.

## FLEUR DE *FRITILLARIA IMPERIALIS*

Nous n'avons examiné que des fleurs ouvertes : l'épiderme des pétales présentait de nombreux chromoplastes très allongés, très effilés, munis de renflements qui leur donnaient un aspect de fuseaux, de têtards ou d'haltères. Ces éléments qui renfermaient un pigment granuleux jaune, du type xanthophyllien, ressemblaient tout à fait aux chromoplastes des cellules épidermiques des pétales d'*Iris germanica*. Ils représentent certainement des chromoplastes dérivés de chondriocontes et incomplètement développés (Pl. 45, fig. 15).

## FLEUR DE BÉGONIA TUBERCULEUX

Prenons la variété jaune de Bégonia tuberculeux. La fleur n'est pas très favorable à l'étude vitale du chondriome et de la formation du pigment, parce que les cellules épidermiques renferment une membrane très épaisse, fortement striée, et que le chondriome s'altère très rapidement.

Dans les fleurs jeunes, encore incolores, on observe généralement, dans les cellules épidermiques des pétales, des chondriocontes situés au voisinage du noyau. Ces éléments prennent ensuite une forme de plus en plus allongée, forment sur leur trajet des renflements sphériques et produisent un pigment xanthophyllien. Ce pigment paraît exister à leur intérieur à l'état de fines granulations : lorsque le chondriome n'est pas altéré, ce pigment donne l'impression d'être diffus dans le chondrioconte, mais dès que l'altération commence, il apparaît nettement sous forme de petits grains. Les renflements qui constituent de petits plastes restent ordinairement fixés sur le chondrioconte qui les a formés.

Examinés dans l'eau, ces éléments se gonflent beaucoup : les renflements se remplissent d'un liquide hyalin et se transforment en vésicules. Souvent un même renflement, au lieu de former une seule vésicule, en produit plusieurs et le plaste prend l'aspect spongieux. Au cours de ces altérations, les plastes se dilatent et affectent parfois un aspect lobé, irrégulier. Dans certains cas, ces mêmes plastes sont susceptibles de prendre des formes triangulaires ou anguleuses qui pourraient faire croire à une cristallisation de leur substance (Pl. 45, fig. 19). En réalité, ils n'offrent jamais la moindre biréfringence et ces formes particulières semblent attribuables à l'action des courants cytoplasmiques qui modifient la forme de ces éléments, paraissant constitués par une substance semi-fluide, très plastique. Le noyau lui-même peut prendre des formes triangulaires, d'aspect cristalloïde, qui paraissent dues à la même action. Enfin ces altérations sont accompagnées d'une individualisation des grains pigmentaires qui apparaissent très distinctement sous forme d'une multitude de petits éléments animés de mouvements browniens dans l'intérieur des plastes sur le bord de la vésicule, ou parfois dans l'intérieur de la partie aqueuse qui occupe le centre. Cette individualisation paraît due à la dilatation du plaste qui a pour effet d'en espacer les grains pigmentaires. Ces granules pigmentaires peuvent ensuite, par désorganisation des plastes, se disséminer dans le cytoplasme.

La fixation de ces éléments présente de grandes difficultés et il nous a été impossible d'obtenir de bonnes différenciations du chondriome par les méthodes mitochondriales ; cela tient vraisemblablement à ce que les liquides de fixation exercent sur le cytoplasme particulièrement délicat de ces cellules, une action osmotique défavorable.

Dans l'assise sous-épidermique du mésophylle, les cellules renferment aussi des chromoplastes, mais ceux-ci élaborent en même temps que la xanthophylle un pigment cristallisé, du type carotinien, jaune-orangé. Ces chromoplastes résultent de la transformation de chloroplastes. Ceux-ci apparaissent sous forme de bâtonnets, de fuseaux, d'haltères imprégnés de chlorophylle et élaborant de petits grains d'amidon ; ce sont donc des chloroplastes incomplètement formés. Bientôt la chlorophylle disparaît et se trouve remplacée par un pigment jaune, granuleux, du type xanthophyllien (Pl. 45, fig. 16). En même temps, les grains d'amidon offrent des signes de digestion et des aiguilles de pigment carotinien apparaissent dans l'intérieur des chromoplastes et donnent à ces éléments des formes très nettement cristallines, en fuseaux ou en triangles.

Parmi les variétés que nous avons examinées se trouvait une variété orangée où le pigment carotinien des cellules parenchymateuses apparaissait sous forme d'aiguilles très grosses et très nombreuses (Pl. 45, fig. 24). D'autres variétés rouge-orangé ou rouge présentaient, dans les mêmes cellules, des plastes avec une grande abondance d'aiguilles de pigment carotinien et renfermaient, en outre, un pigment anthocyanique localisé dans les vacuoles. Enfin, une autre variété incolore offrait dans les cellules épidermiques et parenchymateuses des éléments analogues aux chromoplastes de la variété jaune, mais dépourvus de tout pigment.

## FLEUR D'*OXALIS STRICTA*

Les fleurs très jeunes permettent souvent d'observer dans l'épiderme de leurs pétales des stades intermédiaires entre des chondriocontes imprégnés de xanthophylle et en forme d'haltères, et des chromoplastes sphériques résultant de la séparation des deux têtes de l'haltère. C'est sous cette dernière forme que se rencontrent toujours les chromoplastes dans la fleur ouverte. W. Schimper décrit également dans l'*Oxalis stricta* des chromoplastes arrondis.

## FLEUR DE *NARCISSUS POETICUS*

Les fleurs de *Narcissus poeticus*, qui ne renferment pas de pigment, laissent observer dans les cellules épidermiques de leurs pétales un chondriome constitué par des mitochondries granuleuses et de longs chondriocontes (Fig. 16, A). Dans l'épiderme des pétales de *Narcissus pseudo-Narcissus*, W. Schimper décrit des chromoplastes xanthopylliens, en forme de bâtonnets tout à fait analogues à ceux de la fleur de Tulipe, qui correspondent certainement à des chondriocontes imprégnés de pigments. Dans son étude récente, Cowdry signale l'épiderme des pétales de Narcisse comme tout à fait favorable à l'étude vitale du chondriome.

## FLEUR DE JACINTHE *(Hyacinthus orientalis)*

La fleur de Jacinthe ouverte montre, dans les cellules épidermiques des pièces de leur périanthe, un chondriome très distinct.

formé par des chondriocontes allongés, de courts bâtonnets et un assez grand nombre de mitochondries granuleuses. Ces éléments sont tous dépourvus de pigment, la fleur n'ayant d'autre pigment que de l'anthocyane (Fig. 16, B.)

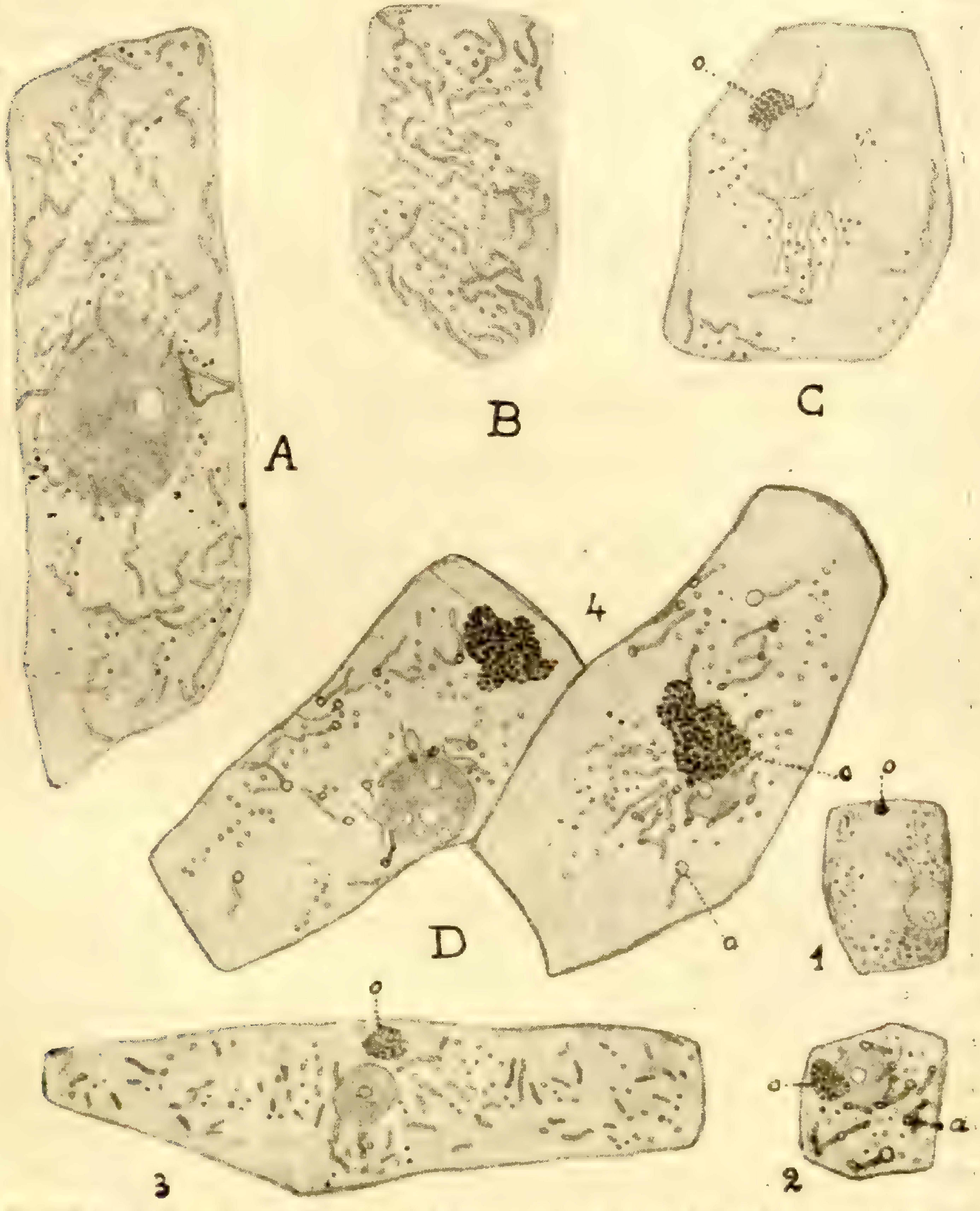


Fig. 16. — **A.** Chondriome d'une cellule épidermique de pétale de *Narcissus poeticus*. **B.** Chondriome d'une cellule épidermique de pétale de *Hyacinthus orientalis*. **C.** Chondriome d'une cellule épidermique de pétale de *Yucca filamentosa*. **D.** Chondriome des cellules épidermiques de *Funkia subcordata* ; 1. Dans un jeune pétale ; 2. Dans un pétale un peu plus âgé ; 3. Dans un pétale ouvert. 4. Dans une jeune bractée. *o*, oléoplaste, *a*, grain d'amidon inséré sur un chondrioconte. (Dessiné sur le vivant. Grossissement : 850.)

## FLEUR DE *YUCCA FILAMENTOSA*

Les cellules épidermiques des jeunes pétales de cette fleur dépourvue de pigment, laissent également distinguer sur le vivant leur chondriome, bien que d'une manière moins nette que dans les cas précédents. Celui-ci est constitué par de longs chondriocontes localisés surtout au voisinage des noyaux. Ces éléments forment, à leurs extrémités ou à leur milieu, de petits renflements dans lesquels naissent des grains d'amidon composés. On observe, en outre, dans chaque cellule, un oléoplaste dont nous n'avons pu suivre l'origine (Fig. 16, C).

## FLEUR DE *FUNKIA SUBCORDATA* (Héméroealle du Japon)

Les plastes de cette fleur n'ont pas été observés, mais Schimper a décrit dans l'*Hemerocallis fulva* des chromoplastes à pigment granuleux, qui présentent la forme de fuseaux, à pointes effilées, très longues, qu'il attribue à une cristallisation d'une partie de la protéine du plaste.

Nous avons observé les différents stades du développement des cellules épidermiques des sépales et des pétales de *Funkia subcordata*. La fleur, encore toute jeune, longue seulement de quelques millimètres, montre, dans ses sépales et ses pétales, un épiderme constitué par de petites cellules renfermant un gros noyau et un chondriome composé par des mitochondries granuleuses et des bâtonnets plus ou moins allongés. Le cytoplasme renferme, en outre, un certain nombre de petits globules graisseux (Fig. 16, 1).

A un stade ultérieur, les chondriocontes s'allongent et s'épaississent, puis forment des grains d'amidon composés, sur un ou plusieurs points de leur trajet. C'est sous cette forme qu'ils s'observent dans la fleur ouverte (Fig. 16, 2 et 3).

On peut observer plus nettement encore un chondriome présentant le même aspect et la même évolution dans les cellules épidermiques des bractées (Fig. 16, 4).

Dans chaque cellule épidermique des sépales, des pétales et des bractées de *Funkia subcordata*, on observe un élaïoplaste déjà signalé par Zimmermann : celui-ci se présente d'abord sous forme d'une toute petite masse à contours irréguliers, constituée par la réunion d'un grand nombre de petits globules graisseux. Il se trouve situé dans une région quelconque du cytoplasme. Cet élaioplaste n'est pas représenté dans les cellules les plus jeunes, qui, par contre, renferment un assez grand nombre de globules d'huile disséminés dans le cytoplasme. Plus tard l'élaïoplaste grossit et arrive à devenir presque aussi gros que le noyau. Parfois on trouve deux élaïoplastes par cellule. Il nous a été impossible de préciser l'origine et la nature de ces éléments.

## FRUIT D'*ARUM ITALICUM*

La coloration du fruit d'*Arum italicum* est due à un pigment rouge-orangé, et qui paraît être un lycopinoïde, car Lubimenko a trouvé les caractères des lycopinoïdes dans le pigment rouge d'une autre espèce d'*Arum*, l'*Arum orientale*.

La formation de ce pigment, observé d'abord par Fries dans l'*Arum maculatum*, a été l'objet d'une étude de W. Schimper sur une espèce voisine, l'*Arum arisarum ;* selon cet auteur, les cellules de l'épicarpe renferment des leucoplastes pourvus, dans leur axe, d'un cristalloïde de protéine en forme de longue aiguille, qui leur donne l'aspect de fuseaux. Ces leucoplastes se transforment ensuite en chromoplastes, sans modifier leur forme, et produisent un pigment rouge à l'état de granulations nettement individualisées. Ces éléments rentrent donc dans la catégorie des chromoplastes à cristalloïde de protéine et à pigment granuleux.

Il est très facile d'observer, sur le vivant, la formation du pigment dans les cellules de l'épicarpe de l'*Arum italicum*.

Dans les stades jeunes, alors que le fruit n'a pas achevé son développement et est encore vert, les cellules ont une paroi mince et un gros noyau situé au centre. Ce noyau présente un à deux nucléoles et un réseau chromatique extrêmement serré, qui donne à tout le contenu nucléaire un aspect granuleux. Le cytoplasme est constitué par une couche pariétale et un grand nombre de minces trabécules reliant cette couche à une zone cytoplasmique entourant le noyau. Les vacuoles contiennent souvent des granules brillants et des cristaux. Le cytoplasme apparaît comme une substance hyaline et homogène et renfermant un chondriome très riche, constitué par des mitochondries granuleuses, de courts bâtonnets et des chondriocontes flexueux et allongés. Ces derniers sont presque exclusivement localisés tout autour du noyau. Ce sont eux qui constituent les mitochondries élaboratrices. On observe en outre, dans le cytoplasme, de petites granulations brillantes de nature graisseuse et qui sont sans cesse en mouvement, entraînées par les courants du cytoplasme (Pl. 43, fig. 1 et 2).

A un stade ultérieur, les chondriocontes allongés, situés au voisinage du noyau forment, sur leur trajet, de petits renflements qui sont de petits plastes : ces renflements sont situés, soit au milieu des chondriocontes, soit à leurs deux extrémités, soit à l'une seulement de leurs extrémités. Les chondriocontes prennent ainsi, selon les cas, les formes de fuseaux, d'haltères ou de têtards. Il arrive souvent que les chondriocontes, lorsqu'ils sont très allongés, forment un assez grand nombre de renflements disposés le long de leur trajet. La partie mince qui relie ces renflements est très délicate ; elle conserve généralement l'aspect onduleux d'un chondrioconte, parfois cependant elle devient plus ou moins rectiligne.

Ce sont ces figures que Schimper a interprétées comme des leucoplastes qui auraient élaboré, en leur sein, un cristalloïde de protéine, sous forme d'une longue aiguille dépassant la masse arrondie du plaste. La partie amincie de ces éléments serait donc constituée par le cristalloïde dépassant le plaste, tandis que la partie renflée réprésenterait le plaste lui-même, sa substance active, élaboratrice. Ces leucoplastes dériveraient de leucoplastes arrondis qui auraient formé dans leur sein un cristalloïde et c'est le cristalloïde qui aurait donné au plaste la forme de fuseau. Les formes en haltères ou têtards seraient formées par des plastes incomplètement divisés et dont la partie amincie qui les relie se serait cristallisée. Il est facile de constater que ces éléments résultent de chondriocontes et que les renflements représentent de petits plastes qui seront destinés, ultérieurement, à se transformer en chromoplastes. L'examen des cellules en lumière polarisée ne nous a pas permis d'observer, d'ailleurs, la moindre biréfringence dans ces éléments. On doit donc conclure que l'interprétation de Schimper est inexacte et qu'il n'y a pas de cristalloïde protéique. On comprend, d'ailleurs, que l'interprétation de ces figures devait être embarrassante alors qu'on ne connaissait pas l'existence des chondriocontes. Aujourd'hui, nous savons que les plastes se forment sur le trajet des chondriocontes dont le caractère est d'avoir la forme de bàtonnets allongés et il n'est pas nécessaire de faire intervenir la présence de cristalloïde pour expliquer ces figures dont la compréhension est très claire.

Les plastes ainsi formés sur le trajet des chondriocontes élaborent de petits grains d'amidon simples ou composés (Pl. 43, fig. 4 et 5). Ces grains se résorbent peu à peu ensuite, en laissant, à leur place, une petite vacuole, de telle sorte que les renflements prennent l'aspect de petites vésicules. C'est sous cette forme qu'ils se présentent quand le fruit a acquis sa taille définitive (Pl, 42, fig. 3).

Le fruit, une fois parvenu à cet état, reste très longtemps vert et ce n'est qu'à un certain moment que subitement, en l'espace de quelques heures seulement, il prend d'abord une teinte jaune à laquelle se substitue bientôt la teinte rouge du fruit mûr. La lumière semble avoir une influence prépondérante sur ce phénomène.

En enlevant un fruit de son épi, alors qu'il est encore vert, et en le conservant quelque temps au laboratoire, on peut obtenir, en l'espace d'une journée, le rougissement du fruit. La pigmentation est donc liée à une cause indéterminée qui est favorisée par la lumière et a une action rapide : cette cause peut très bien être une diastase comme l'admet Lubimenko.

Si l'on examine, au microscope, un fragment de l'épicarpe d'un fruit commençant à rougir, on observe, à la périphérie des plastes vésiculeux, situés sur le trajet des chondriocontes, l'apparition d'un ou plusieurs petits grains de pigment rouge. Ces grains sont constitués par du pigment amorphe et ne présentent aucune biréfrigence en lumière polarisée (Pl. 43, fig. 6 à 11 et pl. 42, fig. 9). Plus tard ces grains deviennent plus nombreux et on en voit apparaître, également, quelques-uns sur la partie amincie du chondrioconte, ce qui est une nouvelle preuve que cette partie n'est pas de nature cristalline. Ces grains augmentent peu à peu de volume en déterminant l'accroissement du plaste qui les renferme, puis finissent par se fusionner en un gros globule occupant presque tout le volume du plaste. Souvent la masse résultant de cette fusion prend l'aspect d'un croissant coiffant le plaste sur un des côtés.

Pendant la formation du pigment, les plastes augmentent de volume et peuvent se séparer les uns des autres par rupture des parties effilées qui les réunissent ; ils prennent alors l'aspect de petits chromoplastes arrondis, isolés ou souvent réunis par chaînettes.

Mais, le plus souvent, ils restent fixés dans le chondrioconte qui leur a donné naissance. La formation du pigment ressemble ici beaucoup à l'élaboration des grains d'amidon composés que nous avons décrite dans la racine de Ricin.

Les mitochondries granuleuses, les courts bâtonnets et les chondriocontes plus ou moins allongés, qui n'ont pas pris part à la formation du pigment, subsistent, dans le cytoplasme, sans modifications apparentes, jusqu'à la dégénérescence du fruit.

Dans les cellules du mésocarpe, le pigment se forme dans les chloroplastes. Dans les fruits verts, on observe, dans toutes les cellules du mésocarpe, de nombreux chloroplastes, assez gros, arrondis, remplis de pigment chlorophyllien, d'aspect granuleux. Ces chloroplastes élaborent de gros grains d'amidon composés. Dans les stades qui précèdent immédiatement le rougissement du fruit, ces grains d'amidon diminuent de volume, prennent un aspect anguleux dû à leur digestion, puis se résorbent complètement. En même temps la chlorophylle disparaît, et les chromoplastes ainsi formés ne renferment plus alors que de la xanthophylle qui donne au fruit la couleur jaune qui précède le rougissement. Enfin, à un stade ultérieur, les plastes grossissent légèrement et se remplissent de petits grains de pigment rouge, très nombreux et localisés surtout à la périphérie du plaste.

La xhantophylle persiste dans le fruit parvenu à l'état de maturité. Les chromoplastes du mésocarpe renferment donc toujours, à ce moment, deux pigments associés, de la xanthophylle qui présente un aspect diffus, et un pigment rouge sous forme nettement granuleuse.

Le contenu des cellules de l'épicarpe est extrêmement délicat et très sensible aux influences osmotiques. Il est difficile de trouver un milieu isotonique qui permette de l'observer sur le vivant pendant un certain temps, sans altérations. En milieu hypotonique, le cytoplasme prend un aspect alvéolaire, formé par la production de nombreuses et assez grosses vacuoles arrondies. Cette altération est bientôt suivie de celle du chondriome : les chondriocontes munis de leurs chromoplastes se désorganisent, les chromoplastes se séparent par rupture des parties effilées qui les réunissent, puis se gonflent et se transforment en grosses vésicules. Les mitochondries végétatives, elles aussi, se gonflent et prennent l'aspect de vésicules plus petites que les précédentes. Le noyau lui-même subit un gonflement très appréciable et se remplit d'un liquide hyalin qui repousse le réseau chromatique vers la périphérie et donne au noyau l'aspect d'une vacuole. (Pl. 43, fig. 12).

En milieu hypertonique, le cytoplasme se condense en une masse arrondie au milieu de la cellule, tout en restant relié à la membrane cellulosique par de très nombreux filaments, très minces, très délicats, le plus souvent ramifiés. Le noyau se contracte et prend un aspect homogène, tandis que le chondriome subit peu de modifications.

Nous avons obtenu de bonnes différenciations du chondriome sur des coupes fixées et colorées par la méthode de Regaud.

## FRUIT DE L'ASPERGE (*Asparagus officinalis*)

La formation du pigment dans le fruit de l'Asperge a été décrite par Schimper : cet auteur observe dans les cellules de l'épicarpe des chromoplastes arrondis, remplis de granules de pigment amorphe, et qui dérivent de petits leucoplastes sphériques. Courchet, qui a étudié la formation du pigment dans les cellules du mésocarpe, décrit des chromoplastes résultant de la métamorphose des chloroplastes; le pigment rouge est généralement à l'état de grains amorphes et, parfois, sous forme de petites aiguilles cristallines.

L'épicarpe du fruit d'Asperge est un des objets très favorables pour l'observation vitale de la formation des chromoplastes aux dépens des mitochondries.

Les fruits les plus jeunes présentent un épicarpe dont les cellules sont minces et laissent assez bien distinguer leur contenu. Ces cellules ont un cytoplasme constitué par une zone pariétale reliée au noyau, qui occupe le centre de la cellule, par un grand nombre de minces trabécules. La vacuole renferme de très nombreuses granulations brillantes, de dimensions variables qui présentent les caractères des composés phénoliques, mais ne rougissent pas. Le chondriome est extrêmement riche : les chondriocontes dominent, mais on rencontre aussi un assez grand nombre de mitochondries granuleuses et de courts bâtonnets. Les chondriocontes sont minces, allongés et onduleux : ils occupent surtout la région du cytoplasme qui avoisine le noyau. Le noyau offre un aspect généralement granuleux avec un gros nucléole (Pl. 41, fig. 1 à 3).

Dès le stade le plus jeune, les chondriocontes allongés forment, sur leur trajet, de très petits grains d'amidon simples ou composés (Pl. 41, fig. 4) dont la présence est transitoire et qui ne tardent pas à se résorber. Les chondriocontes produisent ensuite, à leurs extrémités, au milieu de leur longueur ou en divers points de leur trajet, de petits renflements qui sont l'origine des chromoplastes (Pl. 41, fig. 5 à 7). Pendant ce temps, la membrane cellulaire s'accroît peu à peu et prend une épaisseur considérable, le fruit grossit et acquiert son développement définitif. A ce moment, les renflements des chondriocontes sont mis en liberté par résorption des parties effilées des chondriocontes qui les ont formés. Ils apparaissent alors comme des leucoplastes de formes variables. Les uns sont de petits corpuscules arrondis, assez gros ; d'autres ont une forme ovale, beaucoup ont encore, à l'une de leurs extrémités, une partie effilée, reste du chondrioconte, qui leur donne l'aspect d'un têtard ; d'autres sont plus ou moins triangulaires. Peu à peu, ils augmentent de volume et finissent par prendre tous la forme arrondie. Ces leucoplastes offrent une partie périphérique un peu plus dense que le centre. Ils présentent, sur un de leurs pôles, un petit nombre de granulations réfringentes qui ne brunissent pas par l'acide osmique.

Le fruit ne rougit que longtemps après qu'il a acquis son développement définitif. Le pigment rouge peut apparaître, au contraire, très rapidement si l'on détache le fruit et si on le conserve quelque temps au laboratoire. Les fruits, qui ont un développement anormal et restent petits et rabougris, rougissent beaucoup plus vite que les autres.

Dans les conditions ordinaires, les leucoplastes restent donc, un certain temps, sous la forme que nous venons de décrire, puis brusquement, comme dans le fruit d'*Arum*, ils produisent un pigment rouge du groupe des carotines (Pl. 42, fig. 1 à 8). Ce pigment apparait sous forme de petites granulations à l'un des pôles du plaste. Dans les fruits tout à fait mûrs, les grains de pigments augmentent beaucoup de nombre et de dimensions ; ils peuvent se fusionner en un seul gros globule.

A côté des chromoplastes, on observe, dans le cytoplasme, un assez grand nombre de mitochondries granuleuses et même de chondriocontes plus ou moins allongés, qui n'ont pas pris part à la formation du pigment et qui constituent les mitochondries végétatives.

Il est généralement assez malaisé d'observer, sur le vivant, les cellules de l'épicarpe d'un fruit au moment de sa maturation, parce que les parois très épaisses des cellules gênent l'observation. Mais il y a un moyen détourné qui permet de suivre, avec une plus grande netteté, la formation des chromoplastes et du pigment. A côté des fruits qui se développent normalement, on trouve toujours un certain nombre de fruits qui restent petits et subissent un développement pathologique ; chez ceux-ci la pigmentation est très précoce et s'effectue à un stade où le fruit, qui n'achève pas son développement définitif, n'a pas encore épaissi la membrane de ses cellules épidermiques. Il est facile de suivre tous les stades de la pigmentation dans ces fruits où les cellules sont encore très transparentes et montrent parfaitement leur contenu.

Cependant la formation du pigment s'effectue, dans ce cas, d'une manière un peu différente : le pigment rouge apparaît généralement sur des plastes encore fixés sur les chondriocontes qui leur ont donné naissance, et ce n'est que plus tard, lorsque le pigment est entièrement formé, que ces plastes, devenus chromoplastes, se séparent des chondriocontes dont ils dérivent par résorption des parties effilées.

On voit, qu'en somme, la formation des chromoplastes dans l'épicarpe du fruit d'Asperge s'effectue exactement de la même manière que dans l'épicarpe du fruit d'*Arum*, avec cette seule différence que les chromoplastes imparfaitement différenciés restent fixés sur les chondriocontes qui les ont formés dans l'*Arum*, tandis que dans l'Asperge, ils s'en séparent, le plus souvent de très bonne heure, sous forme de plastes typiques arrondis.

Il est possible de suivre tous ces phénomènes sur coupes fixées et colorées par la méthode de Regaud. La méthode de Benda nous a donné de moins bons résultats. La simple fixation au formol commercial (40 °/₀) suivie de coloration à l'hématoxyline ferrique nous a permis de différencier le chondriome avec toute la netteté désirable (Pl. 41, fig. 8 à 11).

Dans le mésocarpe, les chromoplastes dérivent des chloroplastes ; ces éléments forment, d'abord, d'assez gros grains d'amidon composés qui, ensuite, se résorbent ; puis ils grossissent et se remplissent de granulations de carotine pendant que la chloropylle disparaît. Dans les chromoplastes définitivement formés, on observe parfois, à côté des grains de pigment amorphe, quelques courtes aiguilles de pigment cristallisé.

### FLEUR DE LIS (*Lilium candidum, pompeianum et croceum*).

Aucune observation n'a été faite jusqu'ici sur les plastes des sépales et des pétales de la fleur de Lis.

La jeune fleur de *Lilium candidum* montre, sur le vivant, dans les cellules épidermiques des pièces de son périanthe, des chondriocontes allongés formant, sur leur trajet, des grains d'amidon composés (Pl. 39, fig. 5), entremêlés de mitochondries granuleuses ou en bâtonnets courts. Ces éléments restent à cet état pendant tout le développement de la fleur.

Nous avons étudié le mode de dégénérescence de ces cellules pendant le flétrissement de la fleur. Les cellules, en voie de dégénérescence, présentent des altérations de leur noyau et de leur chondriome. Le noyau subit une dégénérescence analogue à celle que nous avons décrite en detail dans les cellules épidermiques des pétales de Tulipe et d'*Iris germanica*, sorte de chromatolyse par vacuolisation, dont la phase ultime est la transformation du noyau en une vacuole limitée par la membrane nucléaire ; puis celle-ci, à son tour, se résorbe et les cellules ne montrent plus de traces de leur noyau.

Les chondriocontes offrent une tendance à se dissocier en petites vésicules arrondies qui se gonflent légèrement et dont les contours deviennent irréguliers et granuleux ; ces vésicules finissent par se résoudre en petites granulations qui se disséminent dans la cellule.

Au cours de ces phénomènes, le cytoplasme se coagule sous forme d'un précipité granuleux. Bientôt, la cellule ne renferme plus qu'un liquide cellulaire contenant de petites granulations rassemblées en masse confuse, résidus du chondriome et du cytoplasme.

La dégénérescence suit la même marche que dans les cellules épidermiques des pétales de la Tulipe. Il n'y a pas ici de dégénérescence graisseuse du chondriome.

De même dans les cellules de mésophylle, les chloroplastes se réduisent simplement en petites granulations sans se remplir préalablement de graisse comme dans l'*Iris germanica*.

La fleur de *Lilium pompeianum*, variété horticole corail, offre un beau pigment d'un rouge vif, du groupe des carotines, dont la formation est facile à observer sur le vivant. Les cellules épidermiques des pièces du périanthe montrent, dans les stades les plus jeunes, un chondriome constitué à la fois par des mitochondries granuleuses et des chondriocontes allongés et flexueux, parfois ramifiés. Ce sont ces derniers qui élaborent le pigment. Ils épaississent et forment bientôt (Pl. 39, fig. 6), sur toute leur longueur, de petits grains rouges, très distincts. Ils produisent ensuite, sur divers points de leur trajet, de petits renflements dans lesquels les grains du pigment deviennent plus nombreux et où apparaissent des grains d'amidon (Pl. 39, fig. 7). Dans la suite, ces grains d'amidon se résorbent, puis les renflements s'isolent par résorption des parties effilées qui les réunissaient et se transforment en assez gros chromoplastes arrondis. Ceux-ci présentent bientôt l'aspect de vésicules dont la paroi est remplie de petits grains de pigment, le reste étant occupé par un liquide hyalin. La formation du pigment s'effectue donc, en somme, selon le mode que nous avons observé dans le fruit d'Asperge avec cette différence qu'ici le pigment précède l'apparition de l'amidon.

Dans les cellules du mésophylle, on observe de gros chromoplastes qui dérivent de la métamorphose de chloroplastes. La transformation des chloroplastes se manifeste, d'abord, par une dilatation de ces éléments qui prennent des contours irréguliers, lobés : en même temps on voit apparaître, sur toute la périphérie du chloroplaste, de nombreuses granulations de pigment rouge carotinien, très petites. La chlorophylle, ensuite, se résorbe peu à peu, à mesure que le pigment rouge devient plus abondant ; puis les chromoplastes, résultant de cette métamorphose, élaborent en leur intérieur de gros grains d'amidon. Ceux-ci finissent par se résorber à leur tour et, finalement, les chromoplastes prennent l'aspect de grosses vésicules arrondies, occupées par un liquide hyalin et dont la paroi renferme de nombreux grains de pigment rouge (Pl. 39, fig. 8).

Les cellules épidermiques des pétales de *Lilium croceum* sont particulièrement favorables à l'observation du chondriome et de la formation du pigment. Avant l'apparition du pigment, ces cellules montrent très nettement leur chondriome, constitué par des chondriocontes très allongés, onduleux, élaborant, sur leur trajet, de petits grains d'amidon, et entremêlés à un assez grand nombre de mitochondries granuleuses ou en courts bâtonnets (Pl. 39, fig. 1 et 2).

Plus tard, ces chondriocontes forment, dans leur intérieur, de fines aiguilles cristallines de pigment orangé, d'abord peu apparentes et qui, après la résorption des grains d'amidon, finissent par donner aux chondriocontes des aspects cristallins, en fuseaux ou en losanges (Pl. 39, fig. 3 et 4).

## ARILLE DE *TAXUS BACCATA*

Weiss décrit, dans l'épiderme de l'arille *de Taxus baccata*, des chromoplastes fusiformes qu'il considère comme résultant de la déhiscence de vésicules. Pour W. Schimper, ces chromoplastes sont des corps de formes irrégulières, le plus souvent arrondis, remplis de grains de pigment rouge. Les recherches de Tswett ont établi que ce pigment est de la rhodoxanthine.

Dans une note récente, Moreau a repris l'étude des chromoplastes dans les cellules épidermiques de l'arille adulte. Il observe, sur le vivant, des chromoplastes sphériques, pourvus d'une vacuole centrale et munis, le plus souvent, d'appendices effilés ou même réunis deux par deux en haltères par une partie rétrécie. Moreau admet, à la suite de nos recherches, que ces éléments dérivent de chondriocontes qui ont formé, soit au milieu, soit aux deux extrémités, des renflements ayant la valeur des chromoplastes, mais qui se sont incomplètement individualisés.

L'observation vitale de ces cellules aux divers stades de leur développement nous a permis de vérifier et de compléter les observations de Moreau. Les cellules épidermiques de l'arille montrent, avant le rougissement, des chondriocontes qui ne tardent pas à se remplir de petits grains de pigment rouge, puis forment, sur divers points de leur trajet, des renflements : ceux-ci élaborent ensuite de petits grains d'amidon, qui, peu à peu, se résorbent vers la fin du développement (Pl. 39, fig. 9 et 10). Les phénomènes sont donc semblables à ceux que l'on observe dans l'épicarpe de l'*Arum* et de l'Asperge, ainsi que dans l'épiderme de *Lilium pompeianum*.

## FLEUR DE GLAIEUL

La formation du pigment dans la fleur de Glaïeul n'a été, jusqu'ici, l'objet d'aucune étude.

Il existe un grand nombre de variétés de Glaïeul de Nancy et de

Gand. Les unes n'ont d'autre pigment que l'anthocyane ou sont complètement incolores ; les autres renferment, dans leurs pétales, un pigment jaune pâle légèrement orangé, d'autres n'offrent qu'un pigment orangé. Le pigment anthocyanique se forme d'une manière très précoce et résulte, probablement, de la transformation d'un composé phénolique incolore préexistant ; en tous cas, il ne nous a pas été possible de suivre son développement.

Les fleurs de Glaïeul sont très favorables à l'étude vitale de la formation du pigment jaune.

Les variétés dépourvues de ce pigment montrent, dans toutes les cellules épidermiques des pièces du calice et de la corolle, un chondriome très visible sur le vivant, à peu près aussi distinct que dans les fleurs de Tulipe et d'*Iris germanica*. Ce chondriome se présente sous forme d'un grand nombre de chondriocontes flexueux et de longueurs variables, entremêlés à un certain nombre de mitochondries granuleuses ou en courts bâtonnets (Pl. 39, fig. 15). Ces divers éléments ne jouent aucun rôle apparent et persistent, à cet état, jusqu'à la dégénérescence. Le chondriome est particulièrement sensible aux influences osmotiques et, au contact de l'eau, les chondriocontes forment immédiatement, sur leur trajet, de petits renflements vésiculeux qui se séparent bientôt les uns des autres par résorption des parties effilées qui les réunissent et se transforment en grosses vésicules qui prennent ensuite l'aspect de vacuoles et donnent aux cellules une structure alvéolaire. Il est difficile de trouver un milieu isotonique qui les préserve de ces altérations.

On constate les mêmes particularités dans l'épiderme des sépales de la variété jaune, où généralement il ne se forme pas de pigment jaune.

Parmi les variétés qui renferment, dans leurs pétales, un pigment jaune, il en est où ce pigment reste très pâle et d'autres où le pigment est très accentué. Ce sont naturellement ces dernières où il est le plus facile d'observer le développement du pigment et ce sont celles que nous prendrons comme exemple pour résumer nos observations.

Dans les fleurs les plus jeunes, les cellules épidermiques possèdent un chondriome qui n'est pas facile à observer sur le frais et qui semble constitué par des mitochondries granuleuses et de courts chondriocontes. A un stade ultérieur, ce chondriome devient très visible. Il apparaît, surtout sous forme de longs chondriocontes flexueux, entremêlés à un certain nombre de mitochondries granuleuses ou en courts bâtonnets (Pl. 39, fig. 11 à 14). Ces derniers constituent la partie végétative du chondriome et, seuls, les chondriocontes allongés participent à l'élaboration du pigment.

Dans quelques variétés, ces éléments produisent, sur leur trajet, de petits grains d'amidon simples dont la présence est transitoire et qui ne tardent pas à se résorber. Les chondriocontes s'imprègnent bientôt d'un pigment jaune, d'aspect diffus, qui semble appartenir au groupe des xanthophylles. A ce stade, les chondriocontes subissent des modifications d'ordre morphologique : ils s'épaississent et prennent des aspects variables : quelques-uns restent à l'état de chondriocontes allongés et flexueux, seulement un peu plus gros que précédemment ; d'autres forment, sur leur trajet, de petits renflements, mais la plupart affectent la forme de bâtonnets courts et trapus ; quelques-uns, enfin, ont la forme de fuseaux ou même de globules arrondis (Pl. 39, fig. 16 et 18). Ces éléments représentent des chromoplastes réduits à leur plus simple expression. Ici, comme dans la fleur de Tulipe, il n'y a donc pas de chromoplastes nettement définis. Ces éléments sont représentés par des chondriocontes à peine modifiés. Le pigment jaune paraît être réparti dans ces éléments, sous forme diffuse, ou à l'état de grains tellement petits, qu'ils ne sont pas visibles.

Vers le moment où la fleur va s'ouvrir, on observe la production d'un second pigment qui vient s'ajouter au premier et qui reste peu abondant. Par sa couleur jaune-orangé, ce pigment se rattache au groupe des carotines. Il apparaît sous forme de minces aiguilles cristallines. A ce moment beaucoup de chromoplastes prennent des formes vaguement cristallines (fuseaux, triangles) dues à la formation, dans leur intérieur, d'un cristal de pigment : une observation attentive montre, en effet, l'existence dans leur intérieur d'une longue et mince aiguille de pigment jaune-orangé, rectiligne ou légèrement courbée, qui suit toute la longueur des chondriocontes (Pl. 39, fig. 17 et 18). Ce cristal présente, en lumière polarisée, une biréfringence extrêmement nette. Tous les chromoplastes ne paraissent pas élaborer ce pigment et il en est toujours un certain nombre où ce pigment fait défaut.

Dans les fleurs en voie de désorganisation, les chromoplastes se gonflent en vésicules et les cristaux pigmentaires peuvent être mis en liberté dans le cytoplasme.

Dans les cellules du mésophylle des pétales, on constate également la production de deux pigments, mais ces deux pigments naissent dans les chloroplastes. Dans les fleurs jaunes, les chloroplastes offrent la forme de gros globules sphériques renfermant quelques inclusions graisseuses et produisant de gros grains d'amidon composés. Plus tard la chlorophylle est remplacée par un pigment jaune qui paraît être à l'état diffus. Enfin, à un stade ultérieur, on voit apparaître, dans le chromoplaste ainsi formé, un pigment carotinien à l'état de petits grains, ou d'un ou plusieurs petits cristaux en aiguilles ou parfois en forme de losanges. Quand les cristaux restent très petits, ce qui est le cas le plus fréquent, ils ne modifient pas la forme des chromoplastes ; quand ils prennent, au contraire, un plus grand développement, ils impriment aux chromoplastes une forme allongée ou en fuseau. L'amidon se résorbe généralement au moment où commence l'élaboration du pigment jaune (Pl. 39, fig. 19).

Dans les variétés où la production du pigment jaune est peu accentuée, on constate, dans l'épiderme des pétales, que les chondriocontes s'imprègnent simplement d'un pigment jaune pâle sans subir aucune modification de forme. Quelques-uns de ces éléments produisent plus tard, dans leur intérieur, un cristal de pigment jaune-orangé en forme d'aiguille. Enfin, dans la variété rouge-orangé qui ne renferme que du pigment carotinien, les chondriocontes s'épaississent et produisent, sur leur pourtour, généralement plusieurs aiguilles cristallines de pigment, qui leur donnent l'aspect de petits corps en fuseaux ou en triangles (Pl. 40, fig. 1 et 2).

On voit, par l'étude de ces dernières variétés, ce que nous avions déjà fait ressortir dans nos précédentes recherches à propos de l'amidon, à savoir que plus la fonction élaboratrice des mitochondries est active et plus la structure de ces éléments se modifie. Dans la variété du Glaïeul où l'élaboration du pigment est réduite à son minimum, il n'y a pas de production de plastes ; l'élaboration s'effectue exclusivement au sein de chondriocontes. Dans la variété où le pigment est élaboré d'une manière plus active, les chondriocontes modifient légèrement leur forme. Ils épaississent et prennent l'aspect de petits plastes rudimentaires.

Les cellules épidermiques des bractées de Glaïeul permettent également d'observer assez nettement le chondriome, constitué pendant tout le développement par des chondriocontes allongés et flexueux, entremêlés à des mitochondries granuleuses.

Nous avons suivi la dégénérescence du chondriome dans des cellules épidermiques des pétales de la variété qui ne forme que des pigments carotiniens. On constate que les aiguilles cristallines se séparent des chromoplastes et sont mises en liberté dans le cytoplasme, tandis que les chromoplastes prennent l'aspect de vésicules arrondies, puis ces éléments ne tardent pas à se résorber ; leur paroi prend un contour de moins en moins net, se résoud peu à peu en nombreuses granulations qui restent agglomérées en petites masses aux endroits qui étaient occupés par les chromoplastes (Pl. 40, fig. 5).

La différenciation des mitochondries de la fleur de Glaïeul est très difficile à obtenir, car ces éléments sont particulièrement délicats et très sensibles aux actions osmotiques et les méthodes mitochondriales les altèrent ; ils sont souvent transformés en vésicules et cela arrive aussi bien par la méthode de Regaud que par celle de Benda. Les fixations au simple formol commercial donnent de meilleurs résultats. On voit donc une fois de plus, par cet exemple, que les mitochondries se comportent d'une manière différente d'une espèce à l'autre, en un mot qu'il y a autant de mitochondries que d'espèces.

## FLEURS DE *CLIVIA NOBILIS* ET *CYRTANTHIFLORA*

Nous avons observé les fleurs de *Clivia nobilis* et de *Clivia cyrtanthiflora*. A notre connaissance, aucune étude n'a été faite, jusqu'ici, sur le mode de formation du pigment dans ces fleurs. Toutefois, après la publication de notre Note préliminaire sur l'origine des pigments xanthophylliens et carotiniens (où nous décrivions le mode de pigmentation de ces fleurs), Pensa, dans un travail sur l'anthocyane, dit avoir vérifié nos observations dans la fleur de *Clivia* et constaté, comme nous, la formation du pigment carotinien au sein d'éléments ressemblant, morphologiquement, aux chondriocontes des cellules animales.

Les deux espèces que nous avons examinées présentaient des phénomènes très semblables.

L'examen vital des fleurs très jeunes de *Clivia cyrtanthiflora*, fermées et n'offrant encore aucun pigment dans l'épiderme de leurs sépales et de leurs pétales, permet d'observer, dans toutes les cellules de cet épiderme, la présence d'un chondriome constitué par de nombreux chondriocontes allongés, flexueux, et par un certain nombre de mitochondries granuleuses et en courts bâtonnets. Ce chondriome est loin de présenter la netteté qu'il offre dans certaines fleurs que nous avons observées ; cependant un œil exercé permet de le distinguer facilement.

Les chondriocontes apparaissent disséminés dans tout le cytoplasme et, de préférence, autour du noyau ; ils ne paraissent renfermer que très peu d'inclusions graisseuses. Ce sont eux qui vont prendre part à l'élaboration du pigment ; les mitochondries granuleuses et les courts bâtonnets ne participent pas à ce phénomène. Les chondriocontes commencent à élaborer de petits grains d'amidon simples ou composés. Ces grains naissent selon le procédé ordinaire, aux extrémités, au milieu ou sur plusieurs points quelconques du trajet des chondriocontes (Pl. 40, fig. 4). Au stade ultérieur, les cellules de la lame des sépales et des pétales se remplissent d'un pigment anthocyanique rouge pâle, pas très abondant, dont l'origine n'a pu être suivie ; les cellules de l'onglet restent, au contraire, dépourvues de ce pigment pendant toute la durée de la vie des fleurs.

Un peu plus tard, toutes les cellules épidermiques des sépales et des pétales commencent à élaborer un pigment d'un rouge-orangé qui appartient au groupe des carotines. Ce pigment se forme sur toute la longueur des chondriocontes, pendant que les grains d'amidon, situés sur le trajet des chondriocontes, commencent à se résorber (Pl. 40, fig. 9 à 11). Ce pigment apparaît, dans l'intérieur des chondriocontes, à la fois sous forme de petits grains nettement définis et sous forme de plusieurs aiguilles cristallines allongées, situées sur la périphérie des chondriocontes et leur donnant des formes de fuseaux ou parfois de triangles. Souvent, ces aiguilles s'entrecroisent dans l'intérieur du chondrioconte, prenant l'aspect de V ou X. Ces aiguilles présentent, en lumière polarisée, une biréfringence très nette.

Le pigment n'est jamais entièrement cristallisé et il existe toujours, autour des cristaux, de petites granulations amorphes de pigment qui peuvent être entremêlées à de rares granulations graisseuses.

Le réactif iodo-ioduré qui fixe ici, comme ailleurs, le chondriome, colore les cristaux en vert pâle et les granulations en vert foncé (Pl. 40, fig. 12).

Au cours de la pigmentation, les grains d'amidon disparaissent peu à peu et ils sont, en grande partie, résorbés, lorsque la fleur commence à se désorganiser.

Pendant le flétrissement de la fleur, on observe la transformation des chondriocontes en vésicules ; les cristaux ainsi que les granulations pigmentaires se déposent sur un des côtés de la vésicule qu'ils coiffent d'une sorte de calotte. Les grains d'amidon qui subsistent sont généralement situés dans le liquide de la vésicule où ils sont animés de mouvements browniens. Ensuite les grains pigmentaires se résorbent et les cristaux sont mis en liberté dans le cytoplasme pendant que les vésicules éclatent et se désorganisent (Pl. 40, fig. 14). Ces cristaux se déroulent alors et apparaissent à l'état d'aiguilles allongées, flexueuses, fusiformes, à extrémités très effilées, colorables en vert par le réactif iodo-ioduré. Cette mise en liberté des cristaux pigmentaires par rupture des plastes vésiculeux correspond à ce que Weiss et Fritsch ont décrit dans beaucoup de fleurs et de fruits comme le processus normal de la formation des pigments. Nos observations confirment celles de Schimper et montrent qu'il s'agit d'un phénomène de dégénérescence.

Si l'on monte une préparation de fragment d'épiderme de pétale dans l'eau, on observe ici, comme partout ailleurs, le gonflement des chondriocontes et leur transformation en grosses vésicules semblables à celles qui se produisent au cours de la dégénérescence de la fleur. Ces vésicules donnent au cytoplasme une structure alvéolaire (Pl. 40, fig. 13). Les cristaux pigmentaires se placent sur un des côtés de ces vésicules, tandis que les grains d'amidon émigrent, ordinairement, dans le liquide de la vésicule. Les vésicules, après s'être gonflées de plus en plus, finissent par éclater. Les parois se résolvent ensuite en petites granulations, tandis que les cristaux pigmentaires sont mis en liberté dans le cytoplasme.

Les solutions hypertoniques respectent, d'ordinaire, le chondriome jusqu'à la mort de la cellule ; ce n'est que lorsque la paroi périplasmique des cellules est désorganisée que les chondriocontes se transforment en vésicules et subissent la même évolution que dans les liquides hypotoniques.

Dans les cellules du mésophylle, on observe aussi des chromoplastes, mais ceux-ci résultent de la métamorphose de petits chloroplastes. Dans une fleur jeune, les cellules du mésophylle montrent de petits chloroplastes en voie de formation ; ceux-ci sont parfois arrondis, mais le plus souvent, ils restent incomplètement formés et présentent l'aspect de bâtonnets ou d'haltères. Ils proviennent selon toute vraisemblance de la différenciation de chondriocontes. Ces éléments élaborent de petits grains d'amidon, puis généralement sans se différencier complètement, tout en restant à l'état de bâtonnets ou d'haltères, ils forment un pigment rouge qui apparaît distinctement au sein de la chlorophylle sous forme de petits grains. L'amidon se résorbe entièrement, en même temps que la chlorophylle, puis une partie du pigment rouge semble se cristalliser sous forme de longues aiguilles, souvent entrecroisées. Les chromoplastes prennent alors l'aspect de ceux des cellules épidermiques, mais sont toujours nettement plus gros et renferment plus de pigment.

Les bractées qui recouvrent les jeunes fleurs sont très transparentes dans leur région marginale et permettent d'observer nettement le contenu de leurs cellules épidermiques. On y distingue un chondriome constitué par des chondriocontes allongés et un certain nombre de mitochondries granuleuses.

La différenciation du chondriome des cellules épidermiques des sépales, des pétales et des bractées de la fleur de *Clivia* est facile à obtenir par les méthodes de Regaud et de Benda. Dans les cellules épidermiques des sépales et des pétales des fleurs très jeunes, on observe par ces méthodes des chondriocontes minces et allongés, élaborant de petits grains d'amidon, entremêlés à des mitochondries granuleuses ou en forme de courts bâtonnets. Plus tard ces éléments s'épaississent et prennent la forme de fuseaux par suite de la cristallisation du pigment dans leur intérieur ; ils perdent alors beaucoup de leur chromaticité et prennent avec l'hématoxyline une couleur grise qui les distingue nettement des mitochondries granuleuses et des courts bâtonnets qui n'ont pas pris part à la pigmentation et qui conservent leur coloration noire.

Dans les fleurs de *Clivia nobilis*, on observe des phénomènes absolument analogues avec cette seule différence que le pigment rouge est élaboré en moindre abondance dans les cellules épidermiques des sépales et des pétales (Pl. 40, fig. 6 à 8). Il apparaît sous forme de quelques grains entremêlés à un très petit nombre d'aiguilles cristallines, souvent une seule. Le plus souvent, les chondriocontes s'épaississent peu et conservent leurs formes originelles de bâtonnets ; quelques-uns cependant prennent l'aspect de fuseaux.

## FLEURS D'*AMARYLLIS LUTEA*

La formation du pigment jaune-orangé de la fleur d'*Amaryllis lutea* n'a jamais fait l'objet d'aucune étude.

Les pétales de la fleur très jeune, encore fermée, montrent un épiderme incolore dont les cellules laissent assez nettement distinguer de longs chondriocontes disposés surtout autour du noyau (Pl. 44, fig. 1 à 5). Ces éléments élaborent à leurs extrémités ou sur un point quelconque de leur trajet de petits grains d'amidon, parfois composés, mais le plus souvent simples, qui ne prennent jamais un développement considérable. Leur différenciation est facile à obtenir par la méthode de Regaud.

A un stade ultérieur, ces chondriocontes prennent une teinte légèrement verte : ils élaborent donc de la chlorophylle ; mais cette chlorophylle n'est que transitoire et ne tarde pas à se résorber. Elle fait place à un pigment jaune-orangé du type carotinien qui semble d'abord diffus dans les chondriocontes, qui, en même temps, s'épaississent et se renflent en leur milieu, prenant la forme de petits chromoplastes. Ces éléments grossissent et ne tardent pas à prendre, par suite de la cristallisation du pigment à leur intérieur, l'aspect de fuseaux très caractérisés et allongés (Pl. 41, fig. 6 à 9).

Dans la fleur complètement ouverte, les chromoplastes ont tous la forme de fuseaux et chacun des fuseaux renferme de longues aiguilles cristallines disposées sur toute sa portion périphérique, tandis que sa partie axiale est occupée par une substance hyaline et incolore. Parfois ces aiguilles cristallines s'entrecroisent dans les chromoplastes et donnent des figures en *X* ou en *H*; dans certains cas aussi ils convergent vers un des pôles du chromoplaste donnant des figures en *V*.

Dans les fleurs en voie de désorganisation, les chromoplastes se transforment en vésicules arrondies et recouvertes, sur l'un de leurs pôles, par des cristaux pigmentaires assemblés en sorte de calotte, puis la vésicule se désorganise et met en liberté les cristaux de pigment au sein du cytoplasme (Pl. 44, fig. 9). Cette mise en liberté, des cristaux pigmentaires par éclatement des plastes vésiculeux est donc ici encore manifestement un phénomène de dégénérescence et nos observations sont entièrement favorables à l'opinion de Schimper et infirment celles de Trécul, Weiss, Kraus, Fritsch et Courchet qui voient, dans cet éclatement, un processus normal de l'évolution des chromoplastes.

## FLEURS DE COURGE

Les fleurs de Courge renferment un pigment jaune-orangé du groupe des carotines dont la formation n'a jamais été étudiée jusqu'ici. Elle peut être cependant assez facilement observée, du moins dans certaines variétés.

Dans une fleur très jeune, et encore fermée, les cellules épidermiques des pétales sont très petites et offrent un contenu qui n'est pas très distinct. Une observation attentive permet cependant de trouver des cellules plus favorables qui montrent un chondriome constitué par des chondriocontes moyennement allongés et renfermant quelques globules graisseux, de courts bâtonnets et des mitochondries granuleuses (Pl. 44, fig. 10). Les courts bâtonnets et les mitochondries granuleuses constituent les mitochondries végétatives. Les chondriocontes ne tardent pas à s'allonger et à former sur leur trajet quelques petits renflements où s'élaborent de gros grains d'amidon ordinairement composés ; tantôt des grains apparaissent aux deux extrémités du chondrioconte, tantôt à l'une seulement de ses extrémités, parfois enfin sur plusieurs points de son trajet (Pl. 44, fig. 11 et 13). Bientôt après, les chondriocontes prennent une teinte verdâtre diffuse. Ils élaborent un peu de chlorophylle, mais ce pigment n'est que tout à fait transitoire et fait bien vite place à un pigment jaune très pâle qui donne l'impression d'être diffus et qui semble être de la xanthophylle. Les grains d'amidon, à leur tour, finissent par se résorber, tandis que les renflements qu'ils occupaient sur les chondriocontes augmentent de volume et que les parties amincies s'allongent. Les renflements présentent l'aspect de petites vésicules occupées par un liquide aqueux et incolore et il semble que cette vacuole corresponde à l'emplacement qu'occupaient les grains d'amidon. Les chondriocontes qui renferment plusieurs renflements peuvent se segmenter en bâtonnets plus courts, mais souvent ils subsistent tels qu'ils étaient. Ces éléments modifient ensuite leur forme, ils s'épaississent et prennent un aspect très variable ; bâtonnets, fuseaux, haltères, triangles dans lesquels apparaît le pigment jaune-orangé à la fois sous forme de grains amorphes et de cristaux en aiguilles. Quelquefois on observe un seul cristal traversant toute la longueur du plaste et parfois dépassant sa partie amincie, tantôt on distingue des faisceaux de cristaux disposés sur la périphérie de plastes en forme de fuseaux ou sur les trois faces de plastes triangulaires (Pl. 44, fig. 14, 16 et 17.

La formation du pigment est plus facile à observer dans les poils qui se trouvent à la base des pétales (Pl. 44, fig. 22 à 24). Au début de leur développement, ces poils sont formés par de petites cellules où l'on distingue assez nettement un chondriome constitué par des chondriocontes allongés et des mitochondries en forme de grains et de courts bâtonnets. Ces éléments subissent, pendant l'accroissement des cellules, une évolution assez semblable à celle que nous venons de décrire dans les cellules épidermiques. Ils forment sur leur trajet, tantôt à l'une de leurs extrémités, tantôt aux deux, tantôt au milieu ou sur plusieurs points de leur trajet, de petits renflements qui leur donnent des aspects variés, de têtards, d'haltères, de fuseaux ou de filaments moniliformes et onduleux.

Dans chacun de ces renflements se forme un petit grain d'amidon composé, puis les chondriocontes prennent une teinte verte diffuse, due à l'élaboration d'une chlorophylle transitoire, bientôt remplacée par un pigment jaune d'aspect également diffus.

Dans la suite, ces éléments montrent dans leur intérieur un pigment jaune-orangé sous forme de petits grains et surtout de longues aiguilles cristallines, les traversant dans toute leur longueur et disposées surtout à la périphérie des régions renflées. Pendant ce temps, les grains d'amidon se résorbent peu à peu et laissent à leur place une petite vacuole occupée par un liquide hyalin et incolore.

A côté de ces éléments, on observe toujours de nombreuses mitochondries granuleuses ou en forme de courts bâtonnets et, très fréquemment aussi, des chondriocontes allongés et onduleux qui restent incolores et ne prennent pas part à l'élaboration du pigment : ils représentent la partie végétative du chondriome.

L'observation de l'épiderme des pétales de la fleur de Courge nous a permis de constater des phénomènes curieux de gonflement des chromoplastes sous l'influence d'une turgescence exagérée. Les cellules de cet épiderme sont, en effet, fort délicates et très perméables : l'eau traverse rapidement leur membrane cellulosique. Si l'on examine l'épiderme d'une fleur au moment de son ouverture, après une période de pluie, on est frappé de constater que les cellules ont un aspect qui diffère complètement de leur aspect normal. Les chromoplastes sont transformés en grosses vésicules, pressées les unes contre les autres et constituées par une paroi dense et pigmentée et par un liquide aqueux, incolore dans lequel se

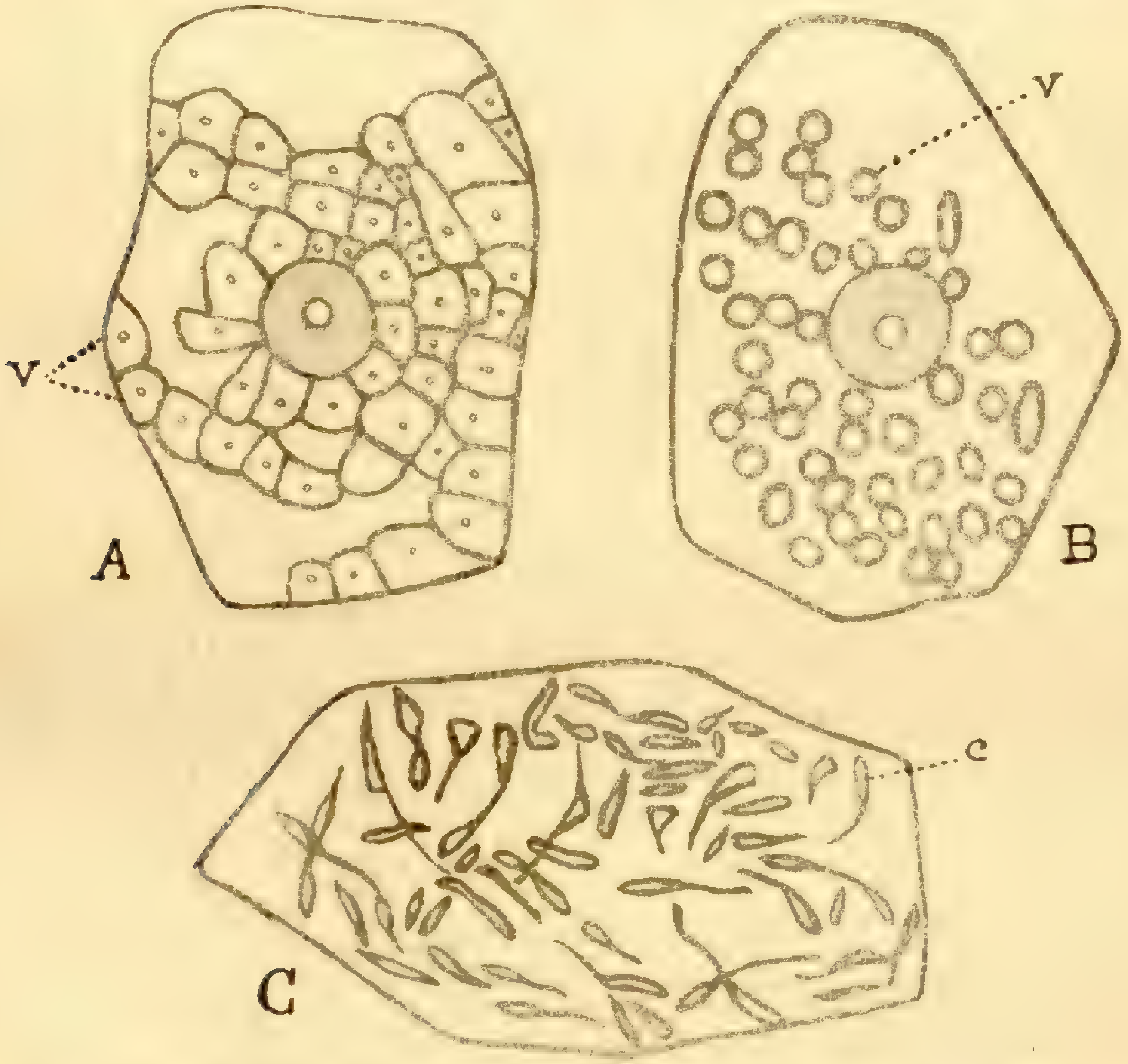


Fig. 17. — Cellules épidermiques de pétale de Courge.

A. Cellule altérée par l'action de l'eau ; les chromoplastes sont transformés en vésicules (*v*).

B et C. Cellule semblable examinée ensuite dans une solution légèrement hypertonique : les vésicules se contractent (B), puis reprennent la forme normale de fuseaux (C). (Grossissement : 1200.)

trouve presque toujours en suspension un ou plusieurs globules réfringents (Figure 17).

Ces chromoplastes vésiculeux, pressés les uns contre les autres et à contours polyédriques, donnent au cytoplasme un aspect alvéolaire très caractéristique, en forme de mosaïque.

En laissant séjourner ces fleurs dans une atmosphère sèche au laboratoire, on constate, au bout de quelques heures, que les cellules épidermiques ont complètement modifié leur structure et repris leur aspect normal. Les chromoplastes se présentent alors sous leur forme normale de bâtonnets ou de fuseaux.

Il est même possible de suivre sous le microscope le passage des chromoplastes de la forme vésiculeuse à la forme de bâtonnets, en montant un fragment d'épiderme altéré dans une goutte de solution sucrée légèrement hypertonique. Peu à peu, les vésicules à contours polyédriques pressées les unes contre les autres se séparent en se contractant, prennent la forme de vésicules arrondies à parois plus épaisses, puis elles s'allongent et finalement, en se contractant de plus en plus, reprennent l'aspect de bâtonnets ou de fuseaux.

Ici il y a donc réversibilité des altérations provoquées par l'eau. Cette réversibilité de l'altération semblerait donc vérifier les faits observés par Bang et Sjövall, si toutefois elle ne présentait un caractère exceptionnel.

Dans les cellules âgées ou en voie de dégénérescence, ou dans les cellules placées dans un milieu hypotonique, on observe la transformation des chromoplastes fusiformes ou en bâtonnets en grosses vésicules. Au cours de ces phénomènes, les cristaux pigmentaires sont mis en liberté dans le cytoplasme, sans même qu'il soit besoin pour cela que les vésicules se déchirent (Pl. 44, fig. 20). Il s'agit encore ici de phénomènes analogues à ceux qui ont été décrits par Trécul, Kraus, Fritsch, Weiss et Courchet.

Au cours du flétrissement de la fleur, les chromoplastes se transforment d'abord en petites vésicules renfermant un pigment jaune diffus, tandis que les cristaux de pigment jaune-orangé sont expulsés au dehors. Ils s'agglomèrent d'ordinaire par faisceaux dans un coin de la cellule (Pl. 44, fig. 18). Le cytoplasme forme un coagulum granuleux, les chromoplastes se résorbent en petits grains et la cellule finit par être occupée seulement par un liquide vacuolaire contenant en suspension de nombreux grains résultant de la dégénérescence du cytoplasme. Le noyau lui-même se transforme en une sorte de vésicule hyaline et disparaît.

Le pigment jaune, mis en liberté par la désorganisation des chromoplastes, s'agglomère alors en petites sphérules réfringentes, d'aspect huileux, qui se fusionnent les unes aux autres pour constituer de grosses masses aux contours irréguliers. Ces masses n'ont que l'aspect graisseux et sont constituées exclusivement par du pigment jaune. Elles ne réduisent pas l'acide osmique.

Dans les cellules du mésophylle des pétales, les chromoplastes résultent de la *métamorphose des chloroplastes*. Ces éléments perdent leur chlorophylle et élaborent dans leur intérieur des aiguilles de pigment jaune-orangé qui déterminent leur allongement et leur transformation en éléments fusiformes ou triangulaires.

## FLEUR DE CANNA FLORIFÈRE

Schimper a observé la formation de chromoplastes dans la fleur de *Canna*. Il constate dans les fleurs très jeunes des chromoplastes arrondis ou fusiformes, munis d'une longue aiguille cristalline de nature protéique, qui les traverse et s'épanouit au dehors sous forme d'appendice effilé. Il observe la résorption de cette aiguille cristalline au cours du développement du chromoplaste qui, une fois définitivement formé, apparaît à l'état de corpuscule arrondi ou de fuseau renfermant un pigment jaune, granuleux.

Les fleurs de certaines variétés de Canna florifère renferment dans leurs bractées et dans les pièces de leur calice et de leur corolle, deux pigments, un pigment d'un jaune-orangé, appartenant vraisemblablement au groupe de la carotine, et un pigment anthocyanique rouge. La formation du pigment anthocyanique précède de beaucoup celle du pigment jaune-orangé.

Dans les cellules épidermiques des bractées qui recouvrent un bourgeon floral très jeune, on observe un chondriome assez distinct, constitué par des chondriocontes moyennement allongés, entremêlés à des mitochondries granuleuses ou en courts bâtonnets. Ces éléments sont surtout groupés au voisinage du noyau. Les mitochondries granuleuses et les courts bâtonnets ne prennent pas part à la pigmentation (Pl. 45, fig. 3).

Seuls les chondriocontes se modifient et forment sur leur trajet, soit à l'une de l'une de leurs extrémités, soit aux deux, soit au milieu, de petits renflements qui sont l'origine des chromoplastes. Ces éléments verdissent ensuite légèrement, par suite de la production dans leur intérieur d'une chlorophylle transitoire (Pl. 45, fig. 4). En même temps les renflements situés sur leur trajet, quand ils sont plusieurs sur le même chondrioconte, se séparent les uns des autres, par rupture des parties effilées qui les réunissaient, puis les petits plastes ainsi séparés perdent leurs appendices effilés, restes du chondrioconte initial, et prennent des formes arrondies ou en fuseaux. Ils grossissent, puis leur chlorophylle se résorbe et fait place à un pigment jaune-orangé qui apparaît sous forme de longues aiguilles cristallines. Pendant la production de ce pigment, les chromoplastes s'allongent et s'épaississent. Une fois parvenus à leur état définitif, ils offrent l'aspect de fuseaux très nettement caractérisés et très allongés, à pointes effilées, qui renferment sur leur partie périphérique de longues aiguilles cristallines et dont l'axe est occupé par une substance hyaline et incolore. Quelques-uns de ces éléments peuvent prendre, par suite de la disposition de leurs cristaux de pigment, des formes triangulaires déterminées par trois groupes de faisceaux d'aiguilles cristallines occupant leurs trois faces et se coupant en angle droit (Pl. 45, fig. 5 et 6).

Nous ne pouvons confirmer la description de Schimper qui observe dans les formes juvéniles des chromoplastes la présence d'un cristalloïde protéique en forme de longue aiguille, et nous pensons que les figures interprétées par cet auteur comme des plastes traversés par un cristalloïde de protéine, représentent simplement des chondriocontes en voie de se transformer en plastes, par production, sur leur trajet, de petits renflements.

La formation du pigment dans les sépales et les pétales est plus difficile à suivre, mais paraît s'effectuer de la même manière.

### FLEURS DE *TROPŒOLUM MAJUS* ET *LOBBIANUM*.

La formation du pigment jaune-orangé dans la fleur de Capucine a été l'objet d'une étude approfondie de la part de Schimper et A. Meyer. Schimper a observé la formation de ce pigment dans le calice et la corolle de *T. majus* et Meyer l'a décrite dans *T. Lobbianum*. Ces auteurs admettent que les chromoplastes, aussi bien dans l'épiderme que dans le mésophylle, dérivent des chloroplastes sphériques. Ces éléments perdent leur chlorophylle qui se trouve remplacée par un pigment jaune granuleux, puis ils élaborent un pigment orangé, cristallisé. Ils prennent alors généralement l'aspect de fuseaux allongés ou de triangles, dû à la présence, dans leur intérieur, de longues aiguilles cristallines. Dans la corolle cependant, ils conservent souvent leurs formes arrondies et le pigment jaune-orangé apparaît, dans leur intérieur, sous forme de petits grains amorphes.

La fleur de Capucine est un mauvais objet d'étude qui ne laisse pas suivre facilement, sur le vivant, l'origine des chromoplastes. Les cellules épidermiques des sépales et des pétales d'une fleur très jeune sont en effet très petites et ont un contenu peu distinct qui ne permet pas d'observer le chondriome.

On constate seulement dans les cellules épidermiques des pétales et des sépales des fleurs un peu plus évoluées, où la pigmentation est déjà effectuée, la présence d'un grand nombre de chromoplastes qui présentent des aspects cristallins. Les uns, plus nombreux, affectent des formes de fuseaux très allongés à pointes effilées ; les autres ont un aspect plus ou moins triangulaire avec trois pointes effilées.

Ces éléments présentent une partie axiale, hyaline et incolore, renfermant un grain réfringent qui offre les réactions de l'amidon, tandis que leur pourtour est rempli de minces et longues aiguilles d'un pigment jaune-orangé paraissant appartenir au groupe des carotines. Les aiguilles parfois s'entrecroisent et donnent des figures en *X* et en *V* (Pl. 45, fig. 8).

Ces chromoplastes sont un peu plus minces et plus allongés dans le *T. Lobbianum* que dans *T. majus ;* de plus, on rencontre dans la première espèce, à côté des chromoplastes en forme de fuseaux, à pigment nettement cristallin, de nombreuses formes juvéniles où il n'y a pas encore de pigment cristallisé ; celles-ci ont un aspect filamenteux qui donne l'impression très nette que ces éléments dérivent des chondriocontes. Mais il ne nous a pas été possible de constater cette origine.

## FLEUR DE *LYCIUM BARBARUM*

Weiss avait décrit, dans ce fruit, des chromoplastes ayant l'apparence de fuseaux allongés qui développent souvent à leurs extrémités des appendices en forme de poils ; ces éléments résulteraient, suivant cet auteur, de la déhiscence de vésicules.

Moreau a repris récemment l'étude des chromoplastes de ce fruit qu'il signale comme se prêtant d'une manière toute spéciale à l'observation vitale du chondriome et de l'origine du pigment rouge qui, d'après cet auteur, se rattache à la lycopine.

Moreau observe dans les cellules du fruit des chondriocontes rectilignes, imprégnés de pigment rouge, d'autres renflés au milieu ayant l'aspect de fuseaux, d'autres enfin en forme d'haltères.

Il conclut donc que la lycopine apparaît dans des chondriocontes qui se transforment en chromoplastes en prenant des formes de têtards, de fuseaux ou d'haltères et que les éléments fusiformes, considérés par Weiss comme des formes séniles, représentent, au contraire, des plastes en voie de formation.

Nos observations n'ont pu confirmer celles de Moreau. Les cellules de l'épicarpe renferment, à la maturité de ce fruit, de gros leucoplastes arrondis qui élaborent des grains d'amidon composés (Pl. 45, fig. 1). Il ne nous a pas été possible de suivre l'origine de ces leucoplastes qui paraissent se différencier de très bonne heure, bien avant le rougissement du fruit, et alors que celui-ci n'a pas encore achevé son accroissement. Ces leucoplastes restent toujours à cet état et l'épicarpe ne produit jamais de pigment

Dans les cellules du mésocarpe, on observe au contraire de gros chromoplastes qui dérivent des chloroplastes arrondis. Ces éléments, d'abord arrondis comme les chloroplastes dont ils proviennent, renferment des grains d'amidon composés. Ils s'allongent peu à peu et, une fois parvenus à l'état adulte, prennent l'aspect de fuseaux ou parfois de triangles qui sont dus à la formation, dans leur intérieur, d'aiguilles cristallines de pigment. Pendant cette cristallisation du pigment, les grains d'amidon se résorbent peu à peu. Une partie du pigment semble exister à l'état granuleux, car les chromoplastes, en dehors de leur aiguille cristalline, ont une couleur rouge diffuse, d'aspect finement granuleux (Pl. 45, fig. 2).

Les éléments décrits par Moreau comme des chondriocontes imprégnés de pigments et formant des renflements destinés à devenir des chromoplastes, sont donc au contraire des chromoplastes résultant de la métamorphose de chloroplastes arrondis et qui, par suite de la formation en leur sein de longues aiguilles cristallines, ont pris la forme de fuseaux.

## FRUIT DE *SOLANUM DULCAMARA*.

La formation du pigment dans le fruit de *Solanum dulcamara* a été étudiée dans le mésocarpe par Weiss, puis par W. Schimper; ce dernier décrit des chromoplastes arrondis, renfermant un pigment jaune d'apparence diffuse, avec des cristaux de pigment rouge localisés surtout au centre de ces éléments. On sait par les recherches récentes de Lubimenko que ce pigment est de la lycopine.

L'épicarpe d'un fruit très jeune, encore vert, offre des cellules polygonales à parois déjà fortement épaissies, renfermant d'assez gros leucoplastes arrondis, tous groupés autour du noyau et dont il ne nous a pas été possible de préciser l'origine (Pl. 45, fig. 7). Ces éléments élaborent ensuite une chlorophylle transitoire, peu apparente, qui ne tarde pas à se résorber (Pl. 45, fig. 20). Enfin, à un stade ultérieur, les plastes produisent de la lycopine sous forme de petites aiguilles cristallines. Le plus souvent, chaque plaste ne forme qu'une seule aiguille cristalline qui dépasse sa longueur (Pl. 45, fig. 9). Le chromoplaste peut, ou bien rester arrondi, ou bien prendre par suite du développement de l'aiguille cristalline dans son intérieur, un aspect plus ou moins allongé ou piriforme.

Dans les cellules du mésocarpe, on observe, avant le rougissement du fruit, de gros chloroplastes remplis de chlorophylle qui se présente sous forme granuleuse. Ces éléments renferment quelques petits grains d'amidon. A un stade ultérieur, la chlorophylle se résorbe et se trouve remplacée par un pigment xanthophyllien jaune, puis on assiste à la production dans l'intérieur de chaque chromoplaste de plusieurs aiguilles cristallines de lycopine. Ces aiguilles cristallines sont toutes disposées parallèlement les unes aux autres, ou s'entrecroisent donnant des figures en T, en V et en X. Elles sont généralement courtes et ne dépassent que rarement le plaste qui conserve sa forme arrondie. Enfin dans une troisième phase, la xanthophylle se résorbe et il ne subsiste plus dans les chromoplastes que les cristaux de lycopine (Pl. 45, fig. 12).

## FRUIT DU *SOLANUM LYCOPERSICUM*.

La formation du pigment dans le fruit de *Solanum Lycopersicum* a été observée pour la première fois par Millardet. L'auteur décrit sous le microscope de gros corpuscules colorés par la xanthophylle amorphe et par de grandes quantités de cristaux d'une matière colorante rouge qu'il désigne sous le nom de solanorubine. Millardet constate en outre que ces éléments résultent de la transformation des chloroplastes. Schimper observe également dans les mêmes cellules des chromoplastes avec un pigment rouge cristallisé. On sait que la matière colorante rouge du fruit de *S. Lycopersicum* a été étudiée ensuite au point de vue chimique par Willstätter et Escher qui ont montré qu'elle représentait une isomère de la carotine que ces auteurs ont désigné sous le nom de lycopine.

Ce fruit encore jeune et très vert montre dans les cellules de son épicarpe de petits leucoplastes arrondis groupés autour d'un noyau dont nous n'avons pu suivre l'origine. Ces éléments verdissent ensuite légèrement, puis leur chlorophylle se résorbe très rapidement et se trouve remplacée par la lycopine qui apparaît sous forme d'une ou plusieurs aiguilles cristallines. Ces aiguilles cristallines déterminent assez souvent, par leur développement, l'allongement du chromoplaste qui prend la forme d'un fuseau (Pl. 45, fig. 11).

Dans les cellules du mésocarpe, les chloroplastes dérivent de la transformation des chloroplastes. Ils renferment chacun plusieurs longues aiguilles cristallines s'entrecroisant parfois dans le plaste et qui, presque toujours, déterminent son allongement en fuseau. Dans quelques cas cependant, ces aiguilles dépassent simplement le plaste qui conserve sa forme arrondie. Dans les phases ultérieures, la substance du chromoplaste semble se résorber, en grande partie, pendant le développement des cristaux et ceux-ci, une fois parvenus à leur croissance définitive, apparaissent, comme dans la racine de Carotte, isolés au sein du cytoplasme, ou revêtus d'une très fine enveloppe de la substance du plaste. Ils offrent alors l'aspect de très longues aiguilles, flexibles, onduleuses ou rigides, de lames enroulées en spirales, en formes de losange, de rubans, etc.

## FRUIT DU *BRYONIA DIOICA*.

La formation du pigment du fruit de Bryone dioïque a été l'objet des recherches de Frisch et de W. Schimper. Ce dernier décrit, dans les cellules de l'épicarpe, de petits chlomoplastes arrondis dérivés des leucoplastes. Ces chromoplastes renferment un pigment rouge d'aspect diffus. Dans les cellules du mésocarpe, Schimper observe des chromoplastes plus gros résultant de la métamorphose des chloroplastes et qui renferment un pigment jaune orangé.

Nos observations ne nous ont pas permis de vérifier tout à fait celles de Schimper. Le fruit jeune et vert renferme dans les cellules de son épicarpe de petits chromoplastes. Ces éléments élaborent un pigment rouge pâle qui apparaît d'abord sur l'un de leurs pôles (Pl. 45, fig. 25), puis finit par s'étendre sur toute la surface du plaste.

Ce pigment paraît être formé de granules, mais ceux-ci sont peu distincts. A un stade ultérieur que n'a pas observé Schimper, les chromoplastes s'allongent et prennent des formes de fuseaux ou de losanges dues à la cristallisation du pigment dans leur intérieur : le pigment apparaît sous forme d'une longue aiguille cristalline sur le pourtour du chromoplaste (Pl. 45, fig. 14).

## FRUIT DE *ROSA CANINA*.

La formation du pigment dans le mésocarpe du fruit de *Rosa* est bien connue, grâce aux travaux de Schimper qui a montré que les chromoplastes y résultent de la métamorphose des chloroplastes arrondis. Ceux-ci perdent leur chlorophylle qui est remplacée par un pigment rouge orangé, d'aspect d'abord diffus, qui ensuite prend une forme cristalline et détermine, par sa cristallisation, la transformation des plastes arrondis en plastes allongés en fuseaux ou revêtant l'aspect de losanges. On sait, d'autre part, que les recherches de Monteverde et de Lubimenko ont démontré que ce pigment est de la lycopine.

L'épicarpe, très adhérent au mésocarpe et constitué par de très petites cellules, à parois très épaisses, est difficile, sinon impossible à observer sur le vivant. Il ne nous a donc pas été possible d'y suivre la formation du pigment. Par contre, nous avons pu vérifier facilement dans le mésocarpe les phénomènes décrits par Schimper. Dans le fruit encore vert, on observe, dans toutes les cellules de ce tissu, de petits chloroplastes arrondis (Pl. 45, fig. 22). Le rougissement du fruit est dû à la production simultanée de deux pigments, un pigment anthocyanique rouge et surtout un pigment rouge orangé, la lycopine. La formation du pigment anthocyanique paraît résulter de la transformation d'un composé phénolique incolore formé de très bonne heure. Quant à celle de la lycopine, elle est très facile à suivre. Elle s'effectue exactement comme l'a décrit Schimper. Au début du rougissement, on voit les chloroplastes se grouper autour du noyau et perdre leur chlorophylle qui se trouve remplacée par la lycopine, d'abord à l'état diffus. Dans la suite, ces éléments s'amincissent et s'allongent énormément et prennent la forme de longs fuseaux à pointes très effilées dues à la formation, dans leur intérieur, d'aiguilles cristallines de lycopine. Il arrive même que certains de ces éléments prennent la forme de losanges à pointes effilées (Pl. 45, fig. 21 et 23).

L'examen des coupes fixées et colorées par la méthode de Regaud permet de suivre tous ces phénomènes. Les chromoplastes fusiformes prennent une teinte gris foncé et se détachent nettement du cytoplasme qui, en dehors de ces éléments, renferme un grand nombre de mitochondries qui prennent, avec l'hématoxyline ferrique, une teinte noire foncée ; et qui se composent de mitochondries granuleuses, de courts bâtonnets et même de quelques chondriocontes allongés (Pl. 45, fig. 17 et 18).

# III

# RÉSUME ET CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

Les résultats de nos recherches contribuent à éclaircir deux questions de cytologie générale :

1° L'une, d'une importance générale, l'étude vitale du chondriome et du cytoplasme, des caractères physiologiques et évolutifs des mitochondries, nous a permis d'apporter une contribution importante au problème si discuté de la nature et de la signification du chondriome.

2° L'autre, plus spéciale, le mode de formation des pigments xanthophylliens et carotiniens, qui a été l'objet d'études déjà anciennes de W. Schimper, A. Meyer et Courchet dans la cellule végétale.

## A. ETUDE VITALE DU CHONDRIOME

L'observation vitale en cytologie étant le seul procédé qui permette d'obtenir une certitude, il y a un très grand intérêt à poursuivre des recherches méthodiques dans cette voie, aussi souvent que cela est possible. Pour ce qui concerne le chondriome, cette étude est d'autant plus nécessaire que la signification physiologique des mitochondries fait actuellement l'objet des plus vives controverses parmi les cytologistes et les physiologistes.

La cellule animale se prête difficilement à cette étude et l'on ne possède jusqu'ici que quelques observations dues à Laguesse, Michaëlis, Laguesse et Debeyre, Fauré-Fremiet, Romieu, J. Renaut, R. et H. Lewis, Cowdry. La cellule végétale, plus favorable, a permis à Lewistsky, Maximow et Rudolph, de faire d'importantes observations. Mais on n'a pas trouvé jusqu'ici de cellules qui laissent observer, sur le vivant, leur chondriome avec autant de netteté que les cellules épidermiques des pétales de Tulipe et des divers organes d'*Iris germanica*, qui constituent des objets d'observation et d'expériences vraiment uniques. Grâce à ce matériel précieux, nous avons pu réaliser l'étude vitale du cytoplasme et du chondriome la plus complète qui ait été faite jusqu'ici et, *par* la comparaison méthodique de l'aspect de la cellule vivante avec les structures obtenues après fixation, tenter une étude très précise de l'action des fixateurs sur le cytoplasme.

Nos observations, qui apportent une contribution à l'étude de la constitution morphologique et du fonctionnement physiologique du cytoplasme, peuvent se résumer comme il suit.

### a) Caractères morphologiques des cellules et en particulier du chondriome.

Dans les cellules très jeunes de tous les épidermes que nous avons observés, le cytoplasme est parsemé de petites vacuoles, de formes variables, arrondies ou allongées, parfois en haltères, disposées surtout autour du noyau. Il est difficile de préciser l'origine de ces vacuoles.

Toutefois les faits que nous avons observés ne sont point favorables à l'opinion de Went qui admet que toute vacuole dérive de la division d'une vacuole préexistante et nous serions disposé plutôt, pour des raisons que nous exposerons plus tard, à croire que les vacuoles naissent par néoformation dans les cellules très jeunes. Ces vacuoles grossissent au cours de la croissance de la cellule, puis se fusionnent peu à peu en une unique vacuole, au moment où la croissance s'achève. Quand une cellule est parvenue au terme de sa croissance, le cytoplasme se trouve réduit à une zone pariétale entourant une énorme vacuole : celle-ci est toujours traversée par un certain nombre de minces trabécules cytoplasmiques reliant le cytoplasme pariétal au noyau qui occupe l'un des côtés de la cellule.

Dès leur plus jeune âge, les vacuoles des cellules épidermiques renferment toujours, en solution, des composés phénoliques incolores ou des pigments anthocyaniques. Ces composés phénoliques ont les mêmes caractères microchimiques que les pigments anthocyaniques et présentent comme eux les caractères des tannoïdes : ils fixent intensivement le bleu de méthylène et la plupart des colorants vitaux, noircissent par les sels ferriques, réduisent l'acide osmique, sont insolubilisés et colorés en jaune par le bichromate de K. Ils se distinguent des pigments anthocyaniques par une réaction indiquée par R. Combes : ils forment en présence du réactif de

Courtonne un précipité jaune, tandis que l'anthocyane, dans les mêmes conditions, donne un précipité vert. Sans vouloir reprendre ici la question de l'origine des pigments anthocyaniques que nous réservons pour un prochain travail, nous nous bornerons à dire que deux cas peuvent se produire.

Dans les cellules épidermiques qui ne sont pas le siège de la production de pigments anthocyaniques, les composés phénoliques existent dans les vacuoles les plus jeunes en solution extrêmement épaisse. Au fur et à mesure que les vacuoles grossissent et se fusionnent, la solution devient moins épaisse et en même temps une partie peut se condenser sous forme de corpuscules plus ou moins gros analogues aux cyanoplastes décrits par Politis. Dans les cellules adultes, les composés phénoliques paraissent avoir notablement diminué.

Au contraire, dans les cellules épidermiques qui forment de l'anthocyane, ce pigment peut apparaître directement sous forme de pigment ou bien résulter de la transformation d'un composé phénolique préalablement formé qui prend les caractères de pigment au cours du développement de la vacuole. Contrairement à ce que l'on constate pour les composés phénoliques incolores, ce pigment augmente de quantité au cours de la croissance de la cellule et persiste sans diminution jusqu'à la dégénérescence cellulaire. Une partie du pigment peut se condenser dans la vacuole sous forme de corpuscules semblables aux cyanoplastes de Politis qui, contrairement à l'opinion de cet auteur, ne représentent donc pas des plastes formateurs d'anthocyane.

Dans toutes les cellules que nous avons observées, le cytoplasme apparaît comme constitué par une substance fondamentale, d'aspect homogène ou cytoplasme proprement dit, par un chondriome, et par un plus ou moins grand nombre de petits globules graisseux.

Le cytoplasme proprement dit présente un aspect un peu différent suivant son épaisseur. Dans la mince couche pariétale de la face interne qui se trouve située perpendiculairement à l'axe de l'objectif dans une cellule adulte, c'est-à-dire dans son minimum d'épaisseur, le cytoplasme offre l'aspect d'une substance homogène extrêmement transparente qui se confondrait avec la vacuole s'il ne renfermait de nombreuses mitochondries. C'est dans cette région très transparente que le chondriome apparaît avec le plus de netteté.

Au contraire, dans les zones pariétales qui recouvrent les faces latérales de la cellule, c'est-à-dire dans les régions où il est vu dans son maximum d'épaisseur, le cytoplasme apparaît comme une substance visqueuse, nettement limitée de la vacuole et un peu plus dense. Le chondriome y apparaît d'une manière plus confuse. Il en est de même dans une cellule très jeune où le système vacuolaire est encore peu développé et le cytoplasme très épais. En quelqu'endroit qu'on l'observe, le cytoplasme offre toujours un aspect homogène et présente, en somme, tous les caractères du hyaloplasme des auteurs.

Le chondriome, dans les cas les plus favorables, se détache avec une admirable netteté, grâce à sa réfringence un peu supérieure à celle du cytoplasme, quoique pas très accusée. Dans une cellule très jeune, les éléments de ce chondriome semblent répartis dans tout le cytoplasme. Dans une cellule adulte, ils paraissent surtout disposés dans la zone pariétale et au voisinage du noyau ; ils sont plus rares dans les trabécules. Enfin ils sont toujours beaucoup moins abondants dans la partie de la zone pariétale qui est située sur la face externe des cellules, ce qui semble démontrer que la lumière exerce une influence défavorable sur le chondriome.

Le chondriome est constitué par un nombre plus ou moins considérable de mitochondries : celles-ci apparaissent sous forme de mitochondries granuleuses, de courts bâtonnets et de chondriocontes, minces, très allongés, parfois ramifiés, ressemblant un peu à des bactéroïdes et extrêmement onduleux ; elles offrent tous les caractères des mitochondries décrites dans la cellule animale. Les chondriocontes peuvent faire défaut, mais les mitochondries granuleuses ou en courts bâtonnets sont toujours représentées. La forme chondriomite, fréquemment observée dans la cellule animale, n'a jamais été rencontrée dans les cellules que nous avons examinées, sauf dans des cellules placées dans des conditions défavorables ou en voie de dégénérescence.

*(A suivre.)*

# NOTES BIBLIOGRAPHIQUES

Paul Portier. — **Les symbiotes**. (un volume de 318 pages avec 63 figures dans le texte et 1 planche, chez Masson, Paris. 1918)

Il convient d'attirer tout spécialement l'attention des lecteurs sur ce petit volume qui expose un point de vue très nouveau et très suggestif sur l'un des plus hauts problèmes de la Biologie générale.

M. Portier, en interprétant des expériences fort intéressantes, fort minutieuses qu'il poursuit depuis plusieurs années, arrive à la conclusion suivante : tout organisme supérieur, depuis l'Infusoire cilié jusqu'au Phanérogame, jusqu'au Vertébré, jusqu'à l'Homme ne serait pas un être simple, ce serait une association très comparable à un Lichen.

On sait que depuis quelques années, les travaux précis des cytologistes ont mis en évidence, dans le protoplasma de toutes les cellules d'organismes complexes, des éléments figurés en forme de granules ou de bâtonnets auxquels on a donné le nom de mitochondries. Ces mitochondries existent chez les animaux et chez les végétaux et présentent les mêmes caractères dans les deux règnes ; ce sont elles qui accomplissent tous les phénomènes chimiques de décomposition ou de synthèse réalisés dans l'organisme vivant ; elles ressemblent, parfois à s'y méprendre, à des Bactéries. M. Portier, en opérant sur des Insectes xylophages, des Oiseaux et des Mammifères, est arrivé, dans certaines conditions, à extraire des Bactéries du corps de ces animaux. Les mitochondries seraient des Bactéries installées dans la cellule depuis de nombreuses générations et y vivant comme si elles en faisaient partie intégrante ; elles s'y multiplient par bipartition, mais il est nécessaire que la provision de Bactéries symbiotiques soit de temps en temps rajeunie par un apport nouveau introduit avec la nourriture. Une alimentation rigoureusement aseptique met l'organisme dans un état de *carence*, c'est-à-dire d'insuffisance, d'appauvrissement. M. Portier a constaté qu'on pouvait faire cesser cet état par l'injection d'une culture de Bactéries extraites de l'organisme.

Il y a lieu de rapprocher ces faits si nouveaux et si curieux, découverts chez les animaux, de phénomènes connus depuis longtemps dans le monde végétal ; en particulier de l'association des Légumineuses avec les Bactéries fixatrices d'azote qui provoquent la formation de petits tubercules dans leurs racines. M. Portier pense que les Champignons qui favorisent la germination des Orchidées et les mycorhizes jouent un rôle tout à fait semblable à celui des Champignons qui sont ingérés par les

Insectes xylophages et qui introduisent de nombreuses Bactéries dans leur milieu intérieur.

De tous les organismes vivants, les Bactéries seules seraient autotrophes, c'est-à-dire capables de réaliser elles-mêmes les phénomènes chimiques nécessaires à leur nutrition, tous les organismes complexes seraient hétérotrophes et ne pourraient vivre que grâce à des générations successives de Bactéries domestiques dans leurs cellules. Au cours de l'évolution, il se serait établi une sorte de division du travail et les cellules des animaux et des végétaux n'auraient pu atteindre un haut degré de spécialisation qu'en abandonnant les fonctions nutritives les plus immédiatement indispensables à des Bactéries symbiotiques. La transmission des qualités héréditaires se serait localisée dans le noyau et chaque œuf contiendrait d'une part les chromosomes dérivant de l'ancêtre lointain de l'espèce, et, d'autre part, les mitochondries, éléments étrangers devenus nécessaires.

Voilà très sommairement exposée la théorie générale à laquelle aboutissent les recherches de M. Portier. On voit que si l'avenir confirme ces conclusions, la notion des Bactéries symbiotes nécessaires des organismes supérieurs amènera dans nos conceptions biologiques une révolution comparable à celle qu'a réalisée Pasteur en montrant la puissance chimique des infiniment petits et leur importance dans la vie du monde.

Il est intéressant de rattacher les idées de M. Portier aux conceptions du passé, aux « molécules organiques » de Buffon et aux « microzymas » de Béchamp ; ainsi des problèmes anciens sont repris avec tous les perfectionnements de la technique moderne. On conçoit que les expériences sur de pareils sujets sont délicates et que l'interprétation n'en est pas toujours facile ; aussi l'unanimité des savants n'est pas encore faite sur ce sujet et plusieurs objections ont été soulevées. M. Portier continue ses recherches, l'avenir montrera si toutes ses conclusions sont justifiées, mais il est certain qu'avec ou sans modifications, on peut prédire un bel avenir scientifique à la théorie des symbiotes.

Jean Friedel

D. H. Campbell. — **Studies on some East Indian Hepaticae** (*Ann. of Botany*, vol. XXXII, n° CXXVII. July. 1918).

Dans ce Mémoire, l'auteur étudie la morphologie et le développement des organes de reproduction de plusieurs espèces des genres *Dumortiera* et *Wiesnerella*, provenant de diverses provinces des Indes Orientales. De plus il décrit une nouvelle espèce du genre *Dumortiera* croissant sur les sols calcaires à Bidi Caves, Bau, Sarawak, Bornéo. Cette espèce, à laquelle l'auteur donne le nom de *D. calcicola*, est bien distincte de *D. trichocephala* Hook. et de *D. velutina* Schiffn. Le thalle de cette Hépatique est grêle, olivâtre ou brunâtre, 4-5 cm. de long. sur 4-5 mm. de large. Les pousses stériles sont le plus souvent dichotomes ; les rameaux fertiles, excepté les primaires, s'élèvent sur des pousses adventives, près du sommet des branches primaires. Les chambres aérifères sont bien nettes ; les papilles de la face dorsale du thalle sont nombreuses, moins cependant que chez le *D. velutina*. Les écailles de la face ventrale sont spatulées, peu apparentes. Les rhizoïdes sont nombreux. Les réceptacles (5-6) se développent en séries successives sur des pousses terminales. Les réceptacles mâles sont sessiles, à 5 6 lobes, environ 2 mm. de diamètre. Les réceptacles à archégones sont également sessiles, ressemblant aux réceptacles mâles, mais moins distinctement lobés. Le sporophyte est inconnu.

Le genre *Wiesnerella* renferme l'unique espèce *W. denudata* (Mitten) St. qui a été décrite par Schiffner sous le nom de *W. Javanica* ; mais cet auteur ne donne pas de détails sur la structure des organes de reproduction, ni du sporophyte. D'après D. H. Campbell, le *W. denudata* ressemble beaucoup au D. *velutina* par sa taille, mais en diffère par la couleur vert-argentée due à ce que l'épiderme du thalle de *W. denudata* présente de nombreux pores, disposés très régulièrement et s'ouvrant dans les chambres aérifères bien développées. Les écailles de la face ventrale sont plus développées que chez le *Dumortiera*. Les rhizoïdes sont très nombreux, comme chez le *D. calcicola;* surtout suivant l'axe. Les chapeaux mâles présentent des dimensions plus petites que chez le *D. trichocephala* et le *D. velutina*. Les chapeaux femelles portés par un long pédicelle sont en forme d'étoile à 5-6 rayons. Leur développement est le même que chez le *Dumortiera*. Le sporophyte n'a pas de périanthe, il est protégé par les bords enroulés des lobes réceptaculaires. Les jeunes sporophytes n'ont pas été étudiés, mais les sporophytes âgés présentent une grande ressemblance avec ceux de *Dumortiera*, cependant le pied est plus net. Les spores portent au lieu de petites papilles des piquants raides.

En résumé, les diverses espèces du genre *Dumortiera* présentent une oblitération plus ou moins grande des chambres aérifères, suivant que les espèces habitent des stations plus ou moins humides. C'est chez le *D. velutina* que l'on observe la moins grande réduction de ces chambres aérifères, tandis qu'elle est plus marquée chez le *D. trichocephala* et enfin la suppression est complète chez la même espèce de Hawaï, comme dans le genre *Monoselinum*.

Le genre *Wiesnerella* est voisin du genre *Dumortiera* d'une part, et d'autre part il se rattache aux Marchantiacées typiques par les caractères des stomates et surtout des réceptacles.

Mme V. C. Gatin.

Marie C. Stopes. — **An early type of the Abietineæ (?) from the Cretaceous of New-Zealand.** *Annals of Botany*, vol. XXX, pp. 111-125 ; pl. IV ; 6 text-figures, 1916.

L'auteur a établi un nouveau genre de bois fossile, g. *Planoxylon*, d'après l'étude d'un tronc d'arbre silicifié du Crétacé moyen ou supérieur de Nouvelle-Zélande. Ce tronc ne compte pas moins de 150 anneaux de bois ;

les trachéides du « bois de printemps » offrent trois rangées de ponctuations sur leurs faces radiales, les trachéides du « bois d'automne » ne présentent qu'une seule rangée d'aréoles. Si cette structure des trachéides rappelle celle des *Araucarioxylon*, les cellules des rayons médullaires unisériés ont les caractères considérés comme typiques des Abiétinées : l'épaississement et les ponctuations aréolées de leurs membranes.

Le nouveau genre *Planoxylon* réunit donc à la fois des caractères d'Araucarinées et d'Abiétinées ; sa découverte en Nouvelle-Zélande conduit à se demander s'il n'existait pas, au mésozoïque, dans cette région de l'hémisphère Sud, un groupe aujourd'hui disparu, offrant des affinités marquées avec les Abiétinees. Dans le genre *Planoxylon*, Miss Stopes a rangé, sous le nom spécifique *Pl. Lindleii* Witham sp., un spécimen du Lias supérieur du Yorkshire (Angleterre) et sous le nom de *Pl. Hectori* sp. nov., l'échantillon-type du Crétacé de Nouvelle-Zélande.

A. Carpentier

Marie C. Stopes. — **Roots in Bennettites.** *Annals of Botany*, vol. XXXI, p. 257-259 ; pl. XIV, 1917.

On ne sait rien des racines de *Bennettites*. Miss Stopes, en examinant une préparation du British Muséum, a découvert des racines à nombreux poils absorbants, qui traversent par places le tissu fondamental des bases foliaires du *Bennettites* cf. *Saxbyanus*. Il est extrêmement rare de trouver des poils absorbants sur des racines fossiles. Ces petites racines, dont le diamètre mesure au maximum 1 mm., semblent avoir appartenu à des bourgeons adventifs nés des bases foliaires anciennes, tels que l'auteur en a décrits dans le *Cycas revoluta* (1).

A. Carpentier

---

(1) M. C. Stopes. Adventitious budding and branching in *Cycas*. *The New Phytologist*, vol. IX, p. 235-241, 1910.

# CHRONIQUES ET NOUVELLES

M. Houard, Professeur de Botanique à la Faculté des Sciences de Caen, est nommé Professeur de Botanique à la Faculté des Sciences de Strasbourg.

⁂

M. Ricôme, Professeur de Botanique appliquée à la Faculté des Sciences de Lille, est nommé Professeur de Botanique à la même Faculté.

⁂

M. René Viguier, Maître de conférences de Botanique coloniale à la Faculté des Sciences de Paris, est nommé Chargé de cours à la Faculté des Sciences de Caen.

⁂

M. Bouygues, Préparateur à la Faculté des Sciences de Bordeaux, est nommé Maître de conférences de Botanique à la Faculté des Sciences de Caen.

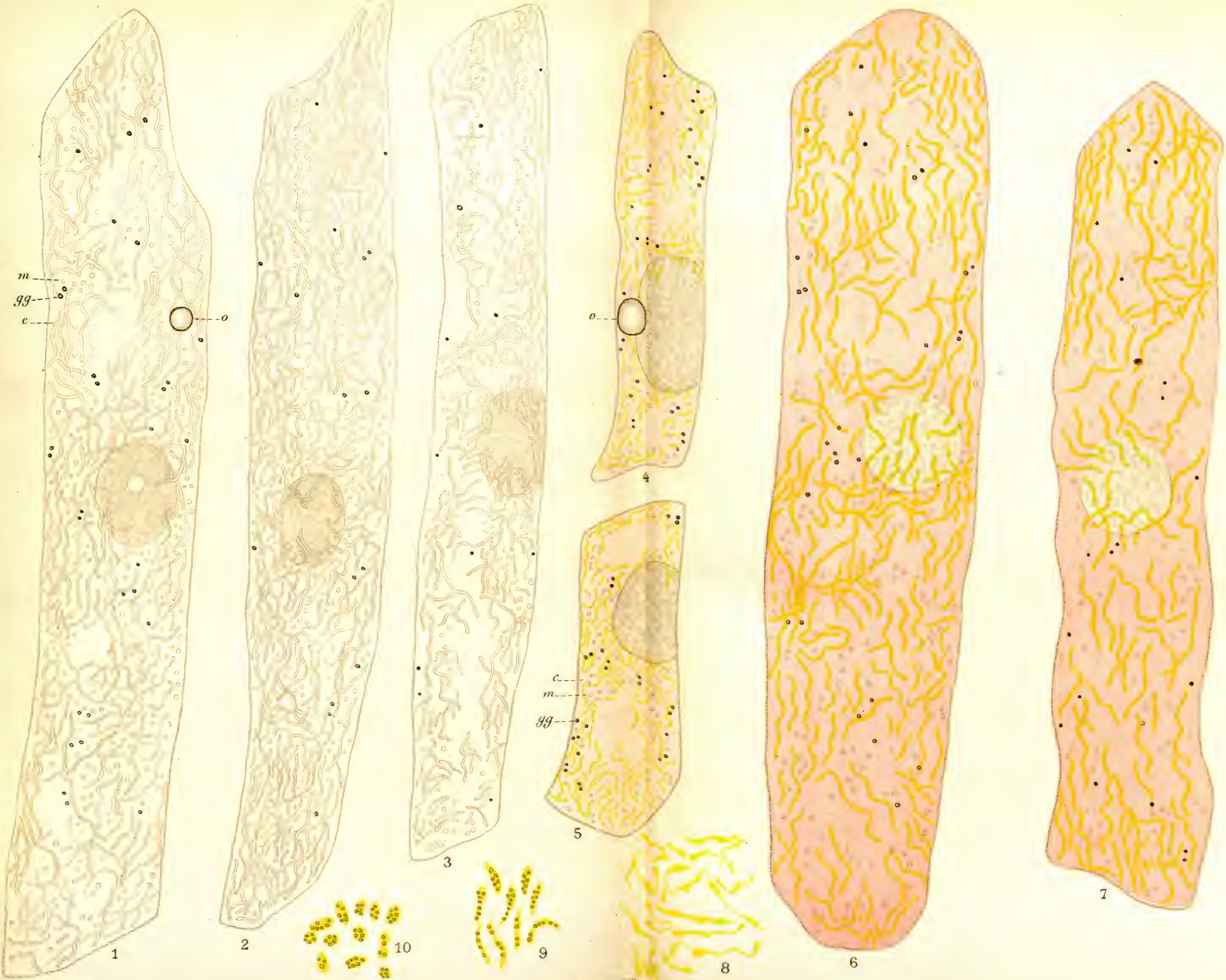
⁂

M. Killian est Chargé de conférences de Botanique à la Faculté des Sciences de Strasbourg.

⁂

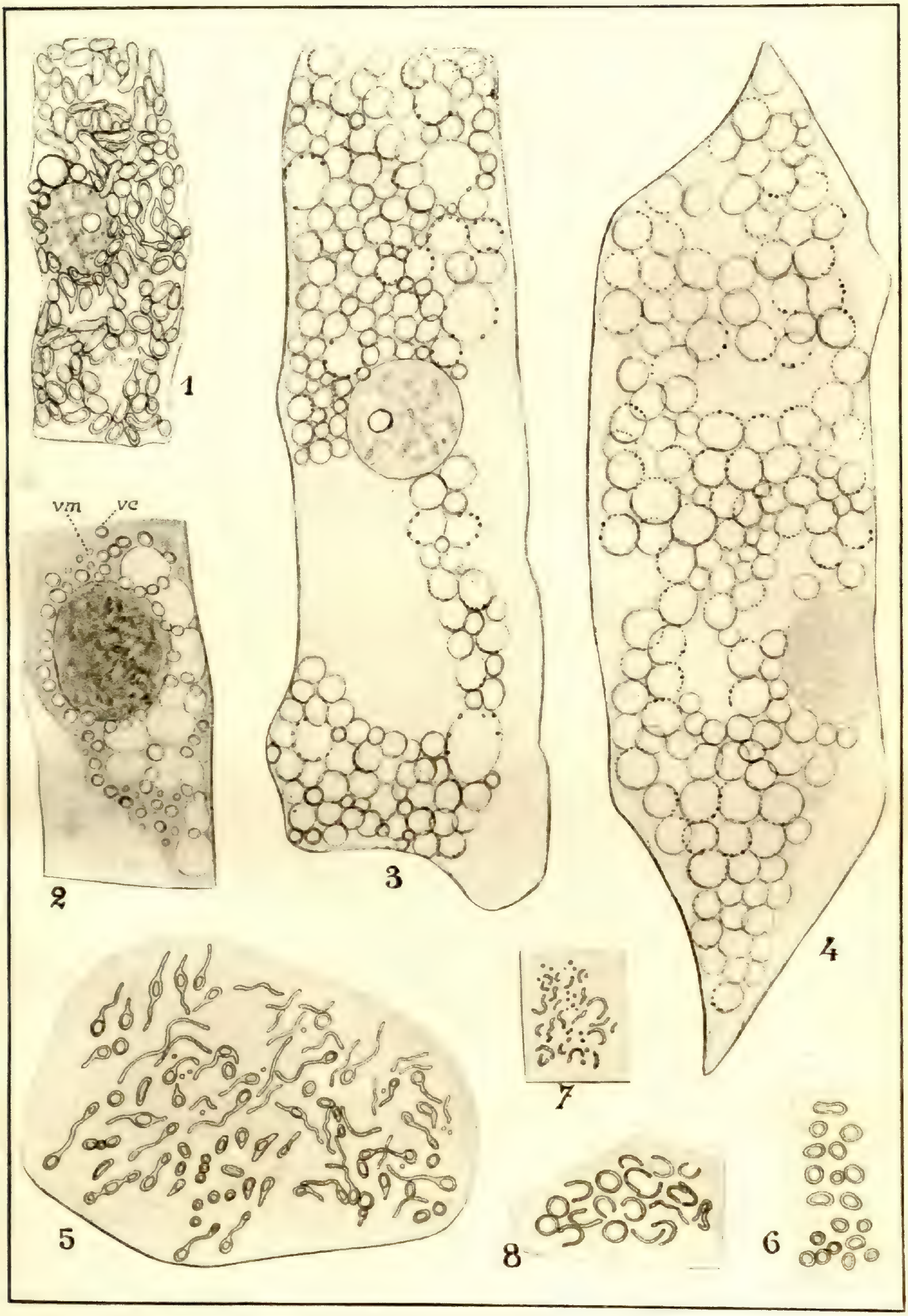
M. Lagarde est nommé Maître des conférences de Botanique à la Faculté des Sciences de Strasbourg.

Nemours.— Imp. Henri Bouloy. *Le Gérant :* Henri Bouloy


m
gg
c
o
1
2
3
o
4
c
m
gg
5
6
7
8
9
10

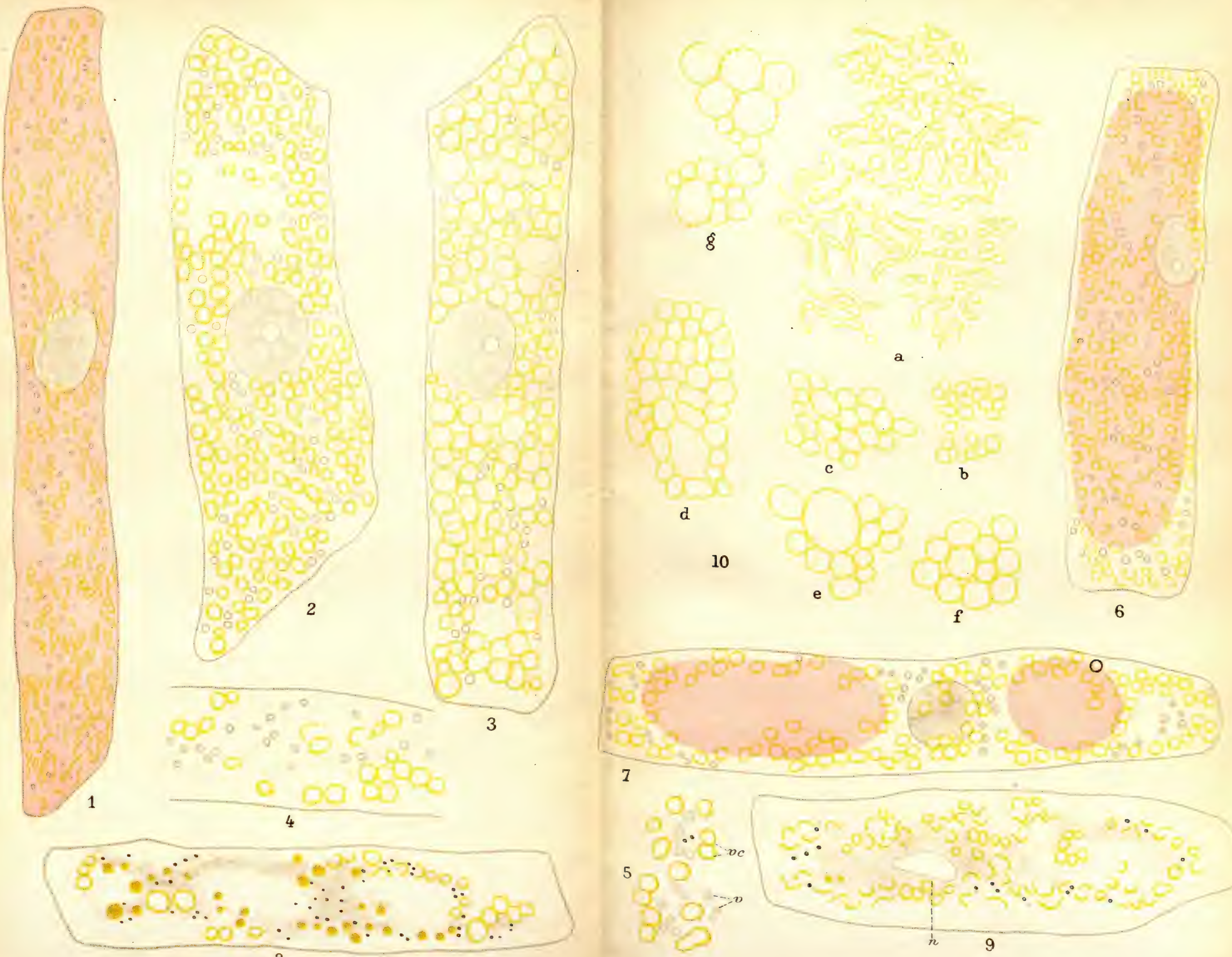
Guilliermond del. I. Lafontaine imp. Boisgontier lith.

CELLULES ÉPIDERMIQUES DES PÉTALES DE TULIPA SUAVEOLENS EN MILIEU ISOTONIQUE



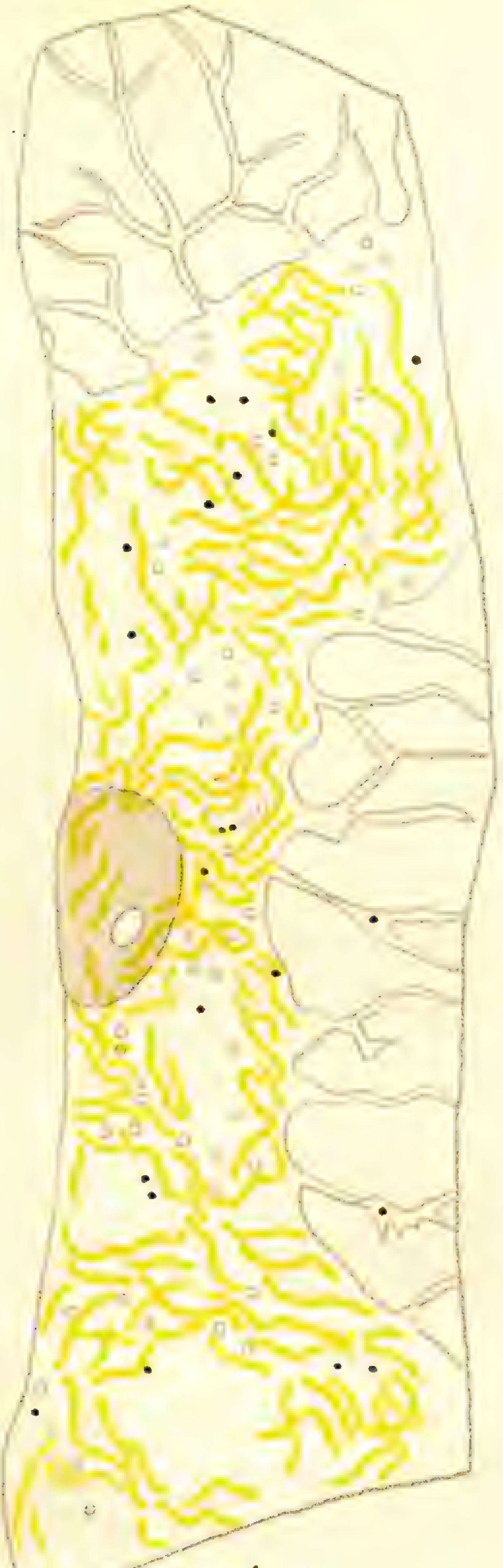
Guilliermond, del. Le Deley, imp.

*Altérations des cellules épidermiques des pétales d'une variété blanche de* Tulipa suaveolens *sous l'influence d'un milieu hypotonique*

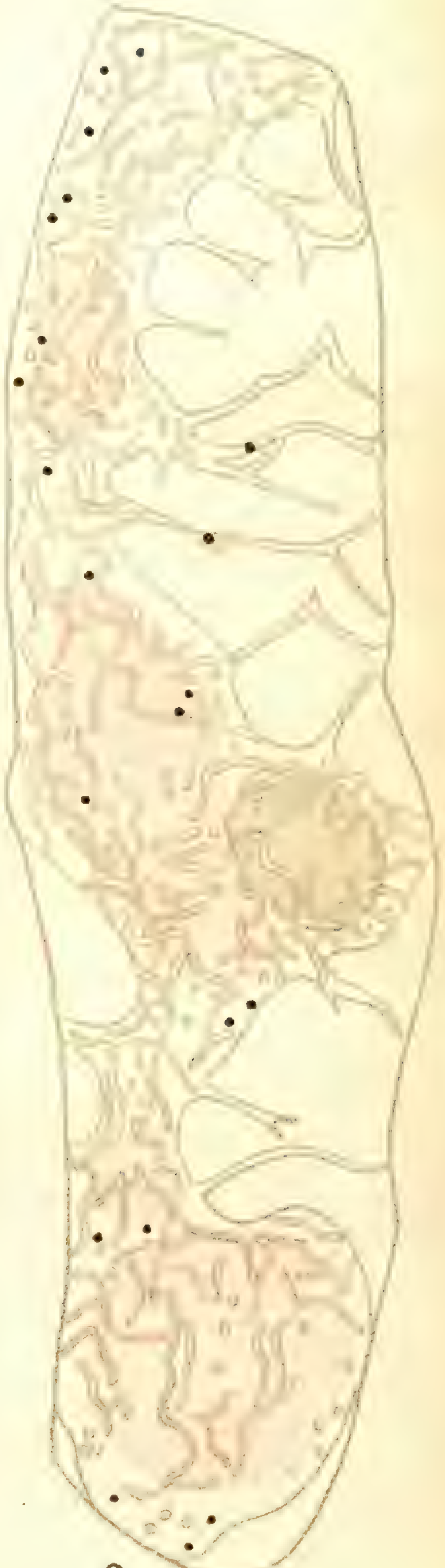

1
2
3
4
8
g
a
d
c
b
10
e
f
6
7
O
5
vc
v
9
n

Guilliermond del.
L. Lafontaine imp.
Boisgontier lith.

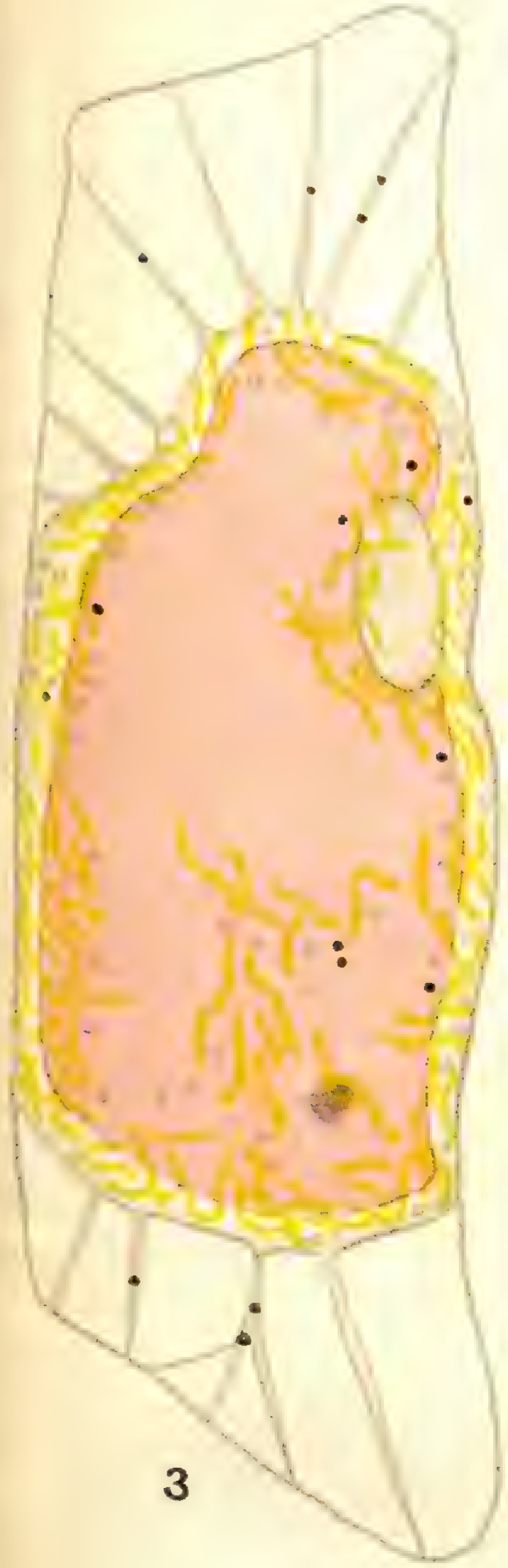
CELLULES ÉPIDERMIQUES DES PÉTALES DE TULIPA SUAVEOLENS EN MILIEU HYPOTONIQUE



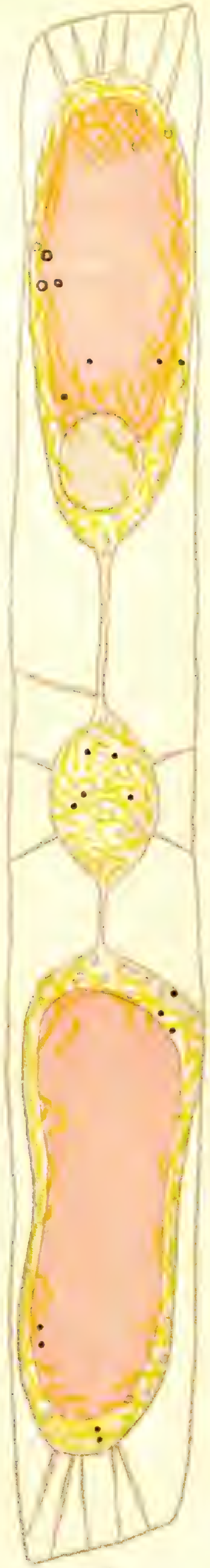
1



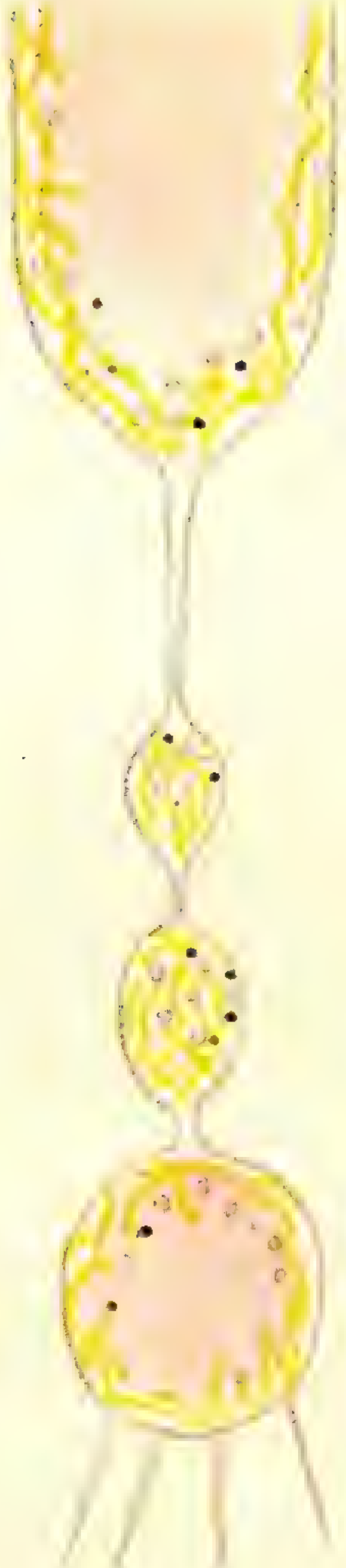
2



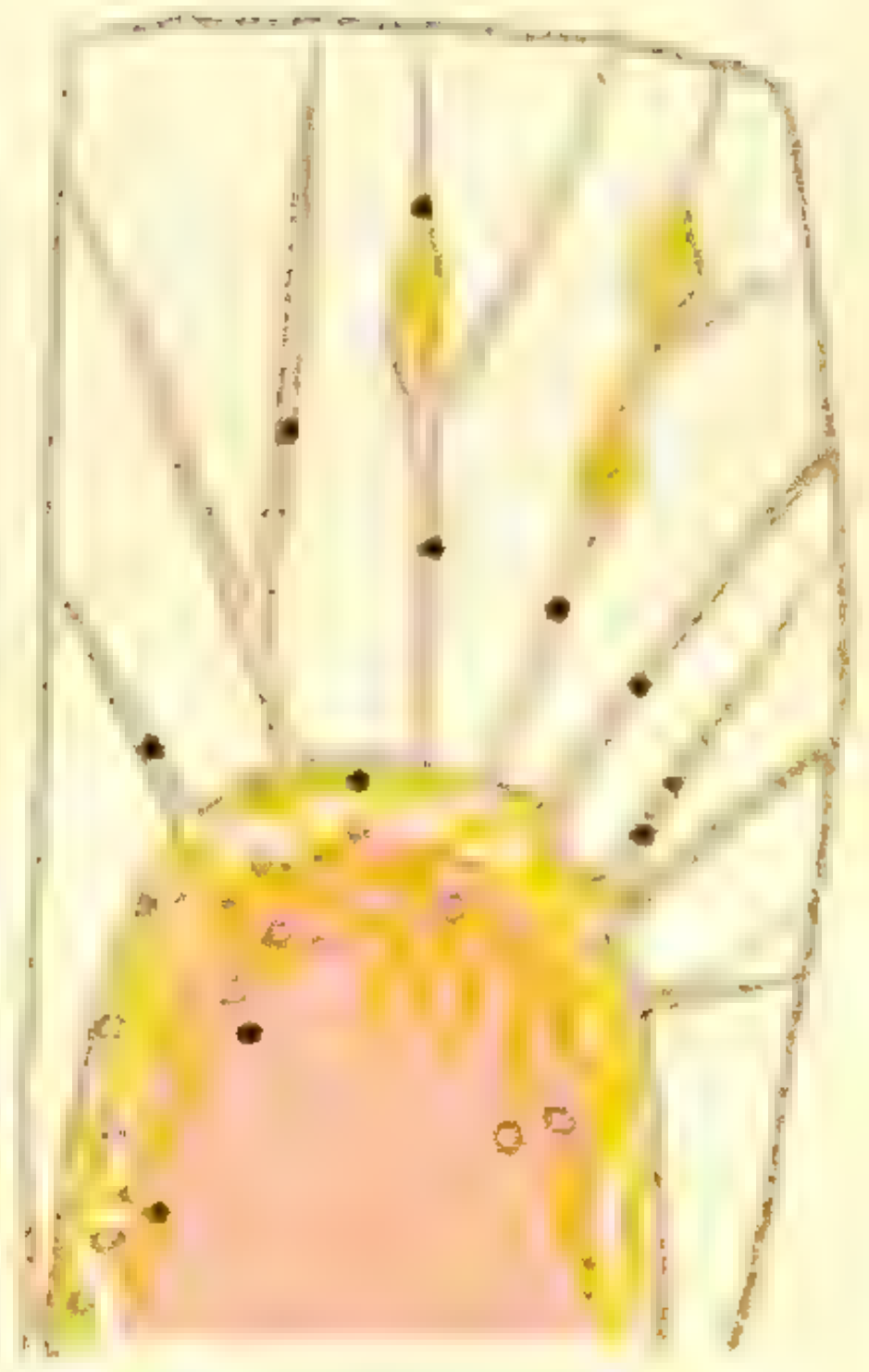
3



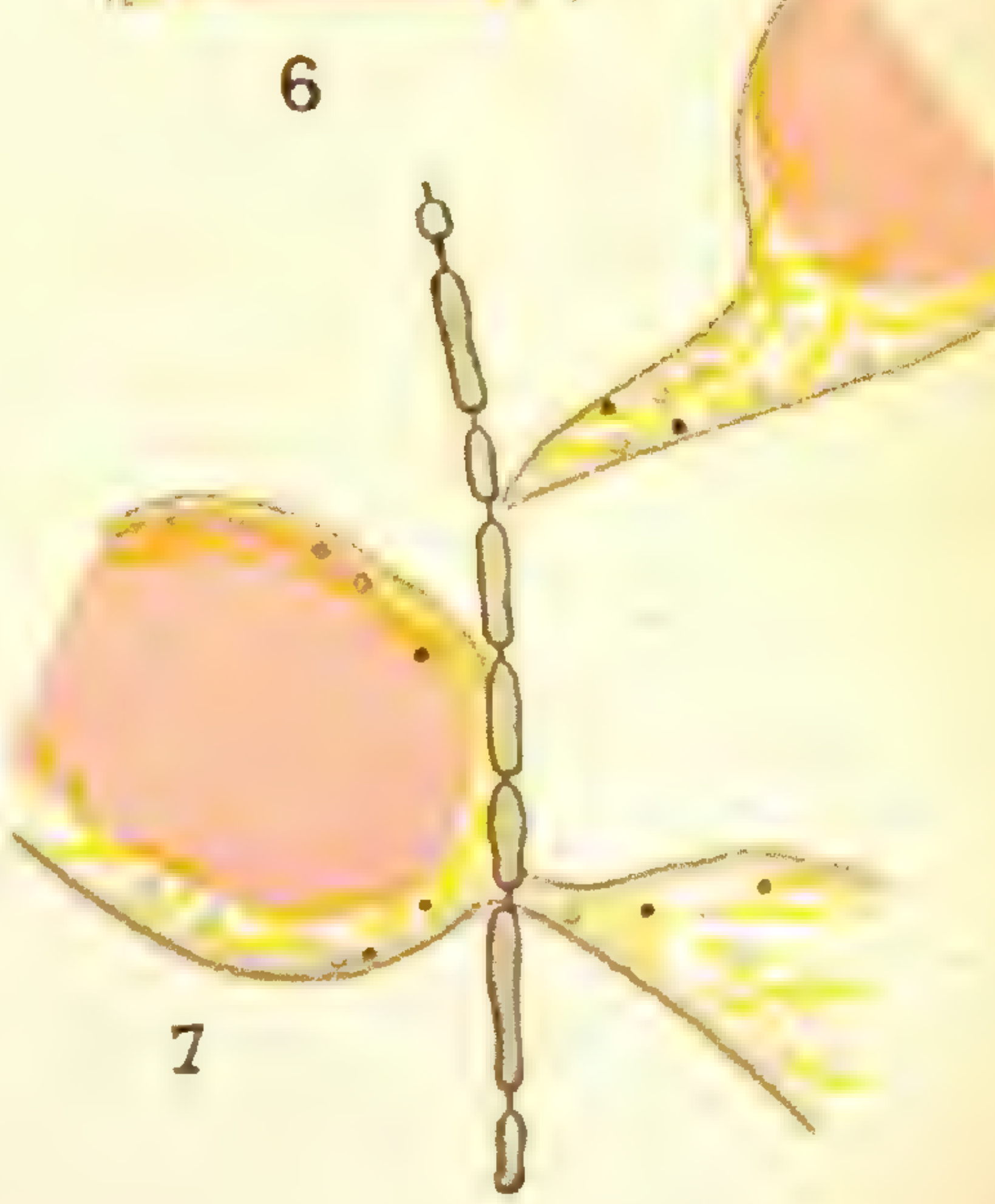
4



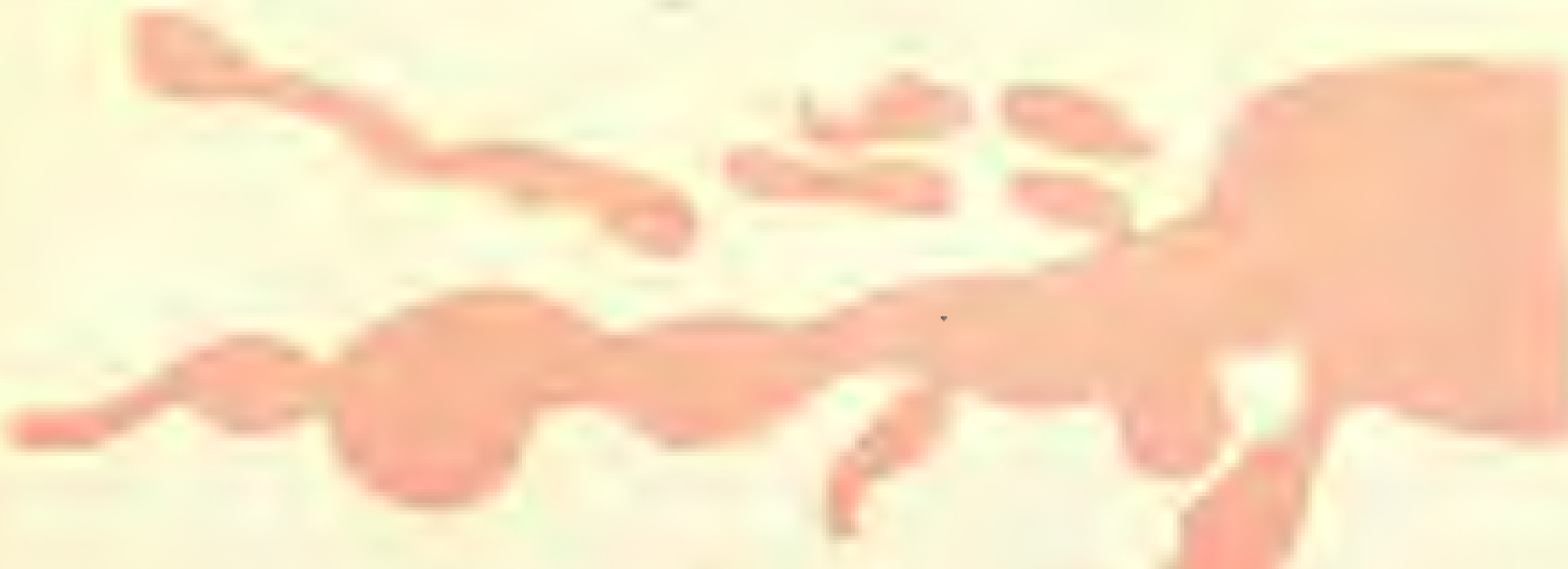
5



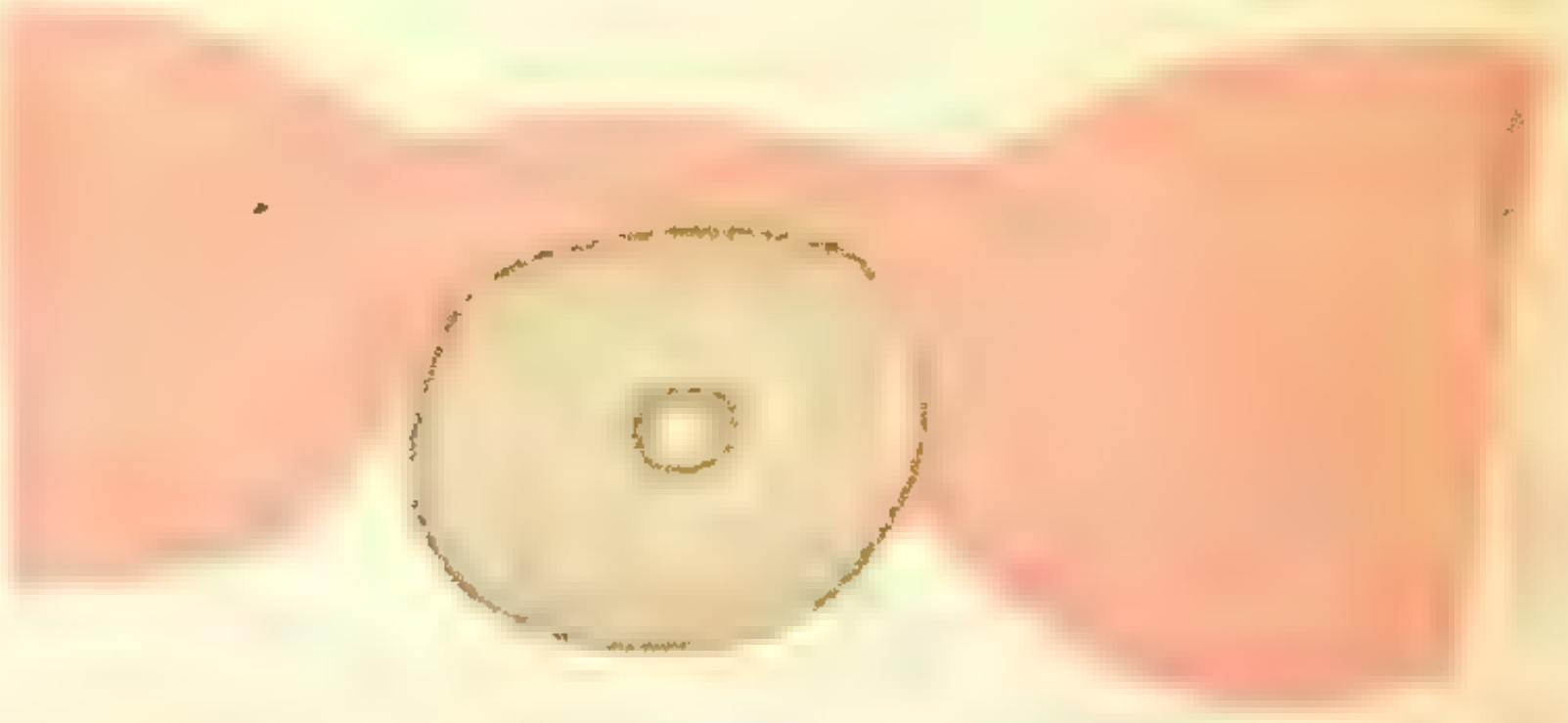
6



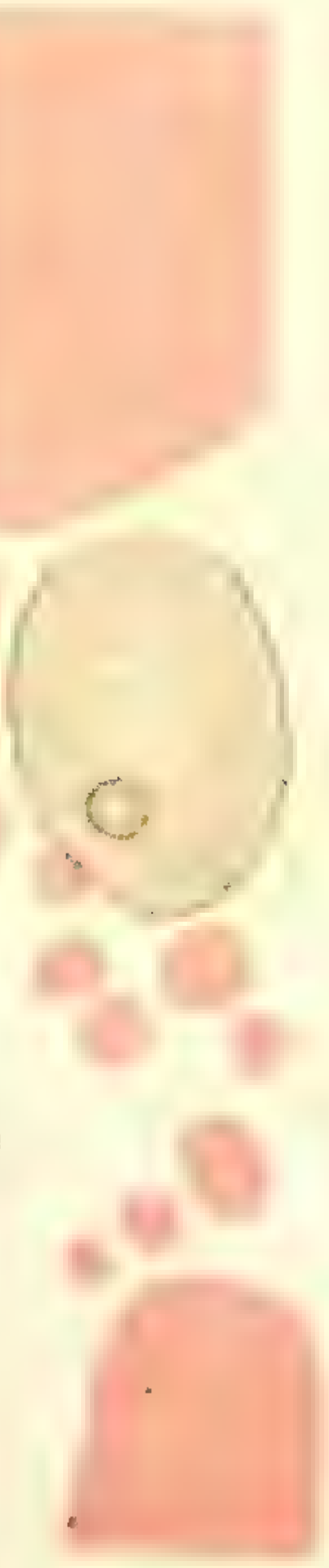
7



8



9



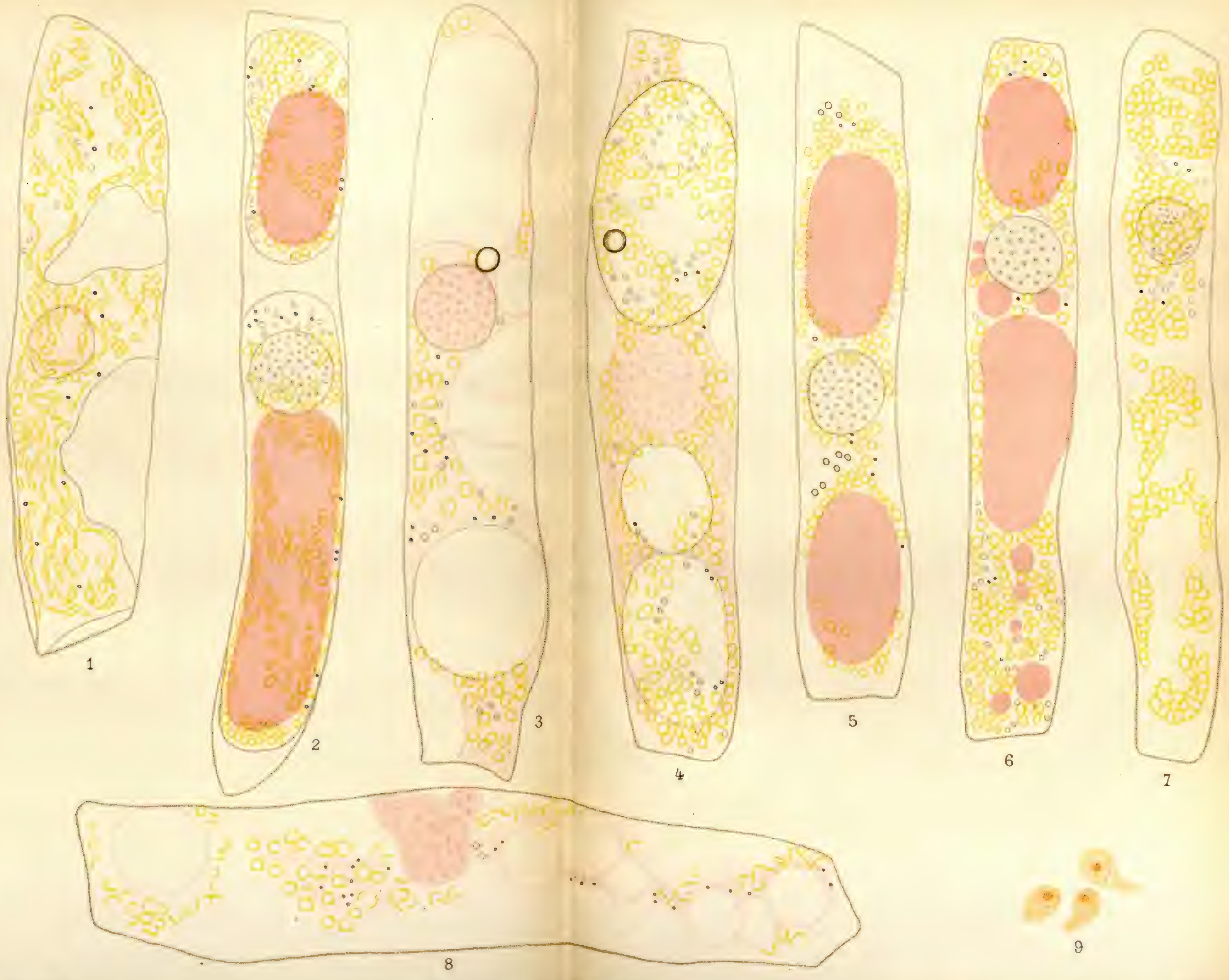
10

Guilliermond del.

L. Lafontaine imp.

Boisgontier lith.

PLASMOLYSE DES CELLULES ÉPIDERMIQUES DE TULIPA SUAVEOLENS

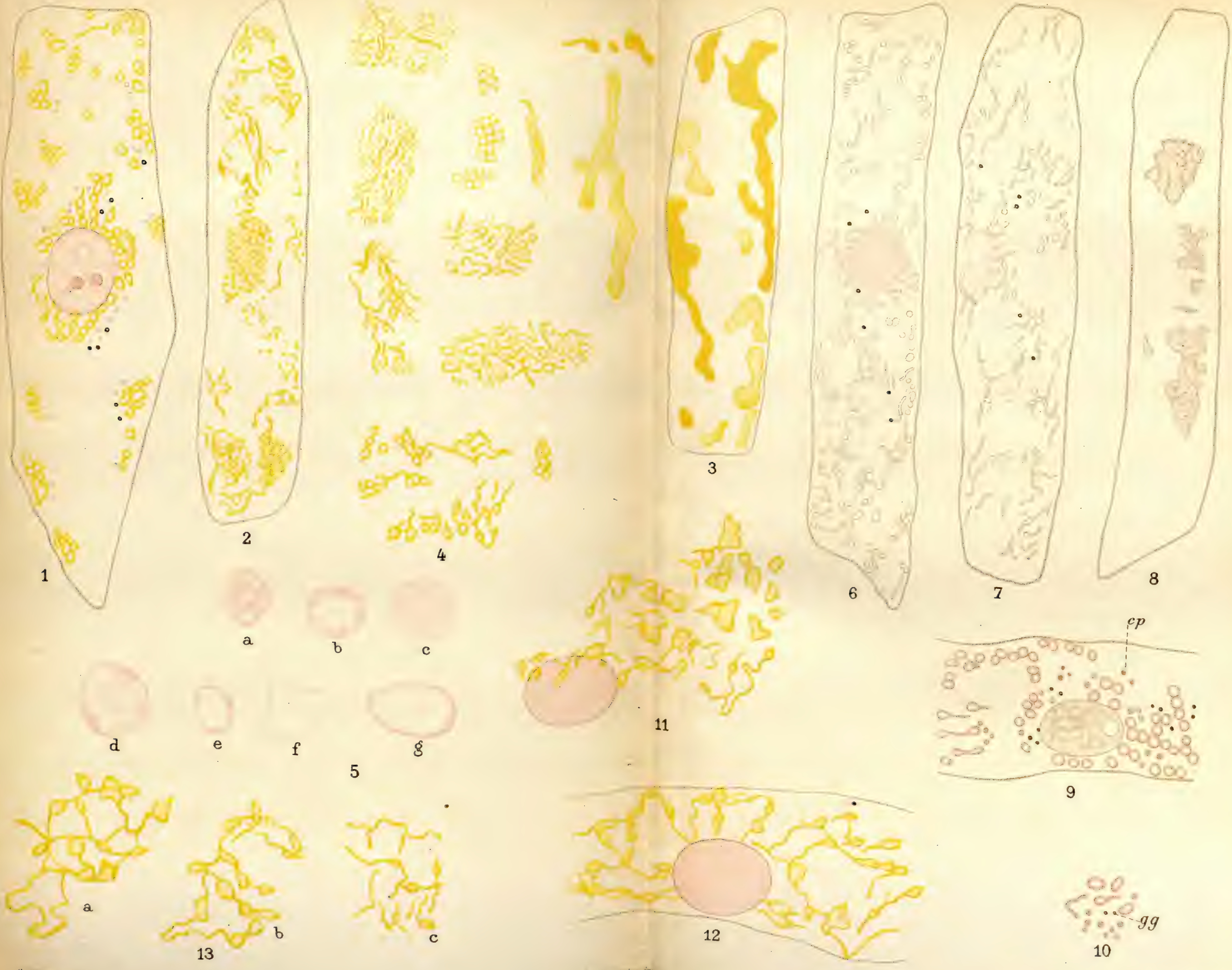


Guilliermond del.

L. Lafontaine imp

Bossgontier lith.

PLASMOLYSE DES CELLULES ÉPIDERMIQUES DE TULIPA SUAVEOLENS

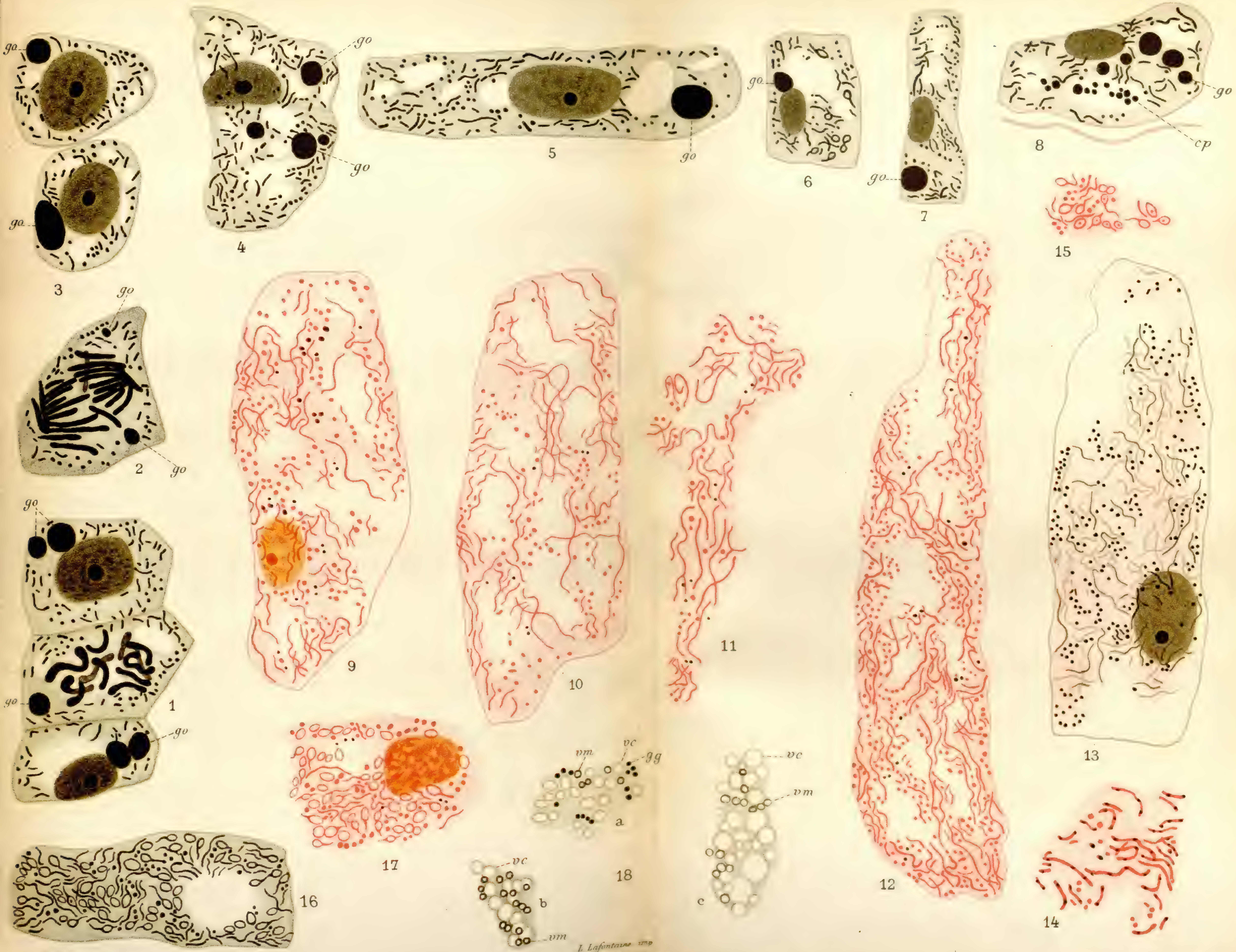

1
2
3
4
5
a
b
c
d
e
f
g
6
7
8
9
cp
10
gg
11
12
13
a
b
c

Guilliermond del.

L. Lafontaine imp.

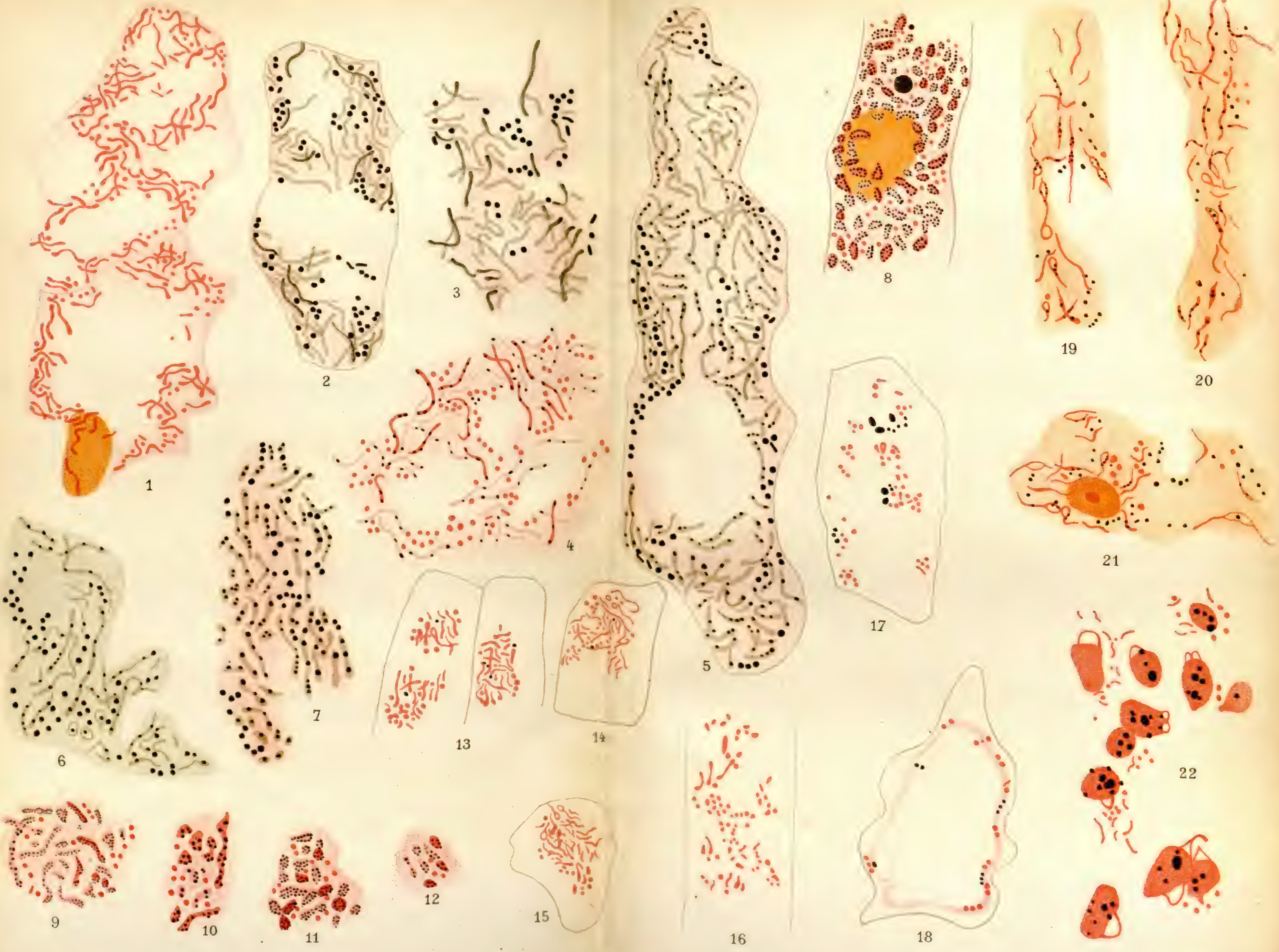
Boisgentier lith.

DÉGÉNERESCENCE DU CHONDRIOME DANS TULIPA SUAVEOLENS


go
3
go
4
go
go
5
go
6
go
go
7
8
go
cp
15
go
2
go
9
10
11
12
13
go
go
1
go
17
vm
vc
gg
a
vc
vm
18
vc
b
vm
c
14
16

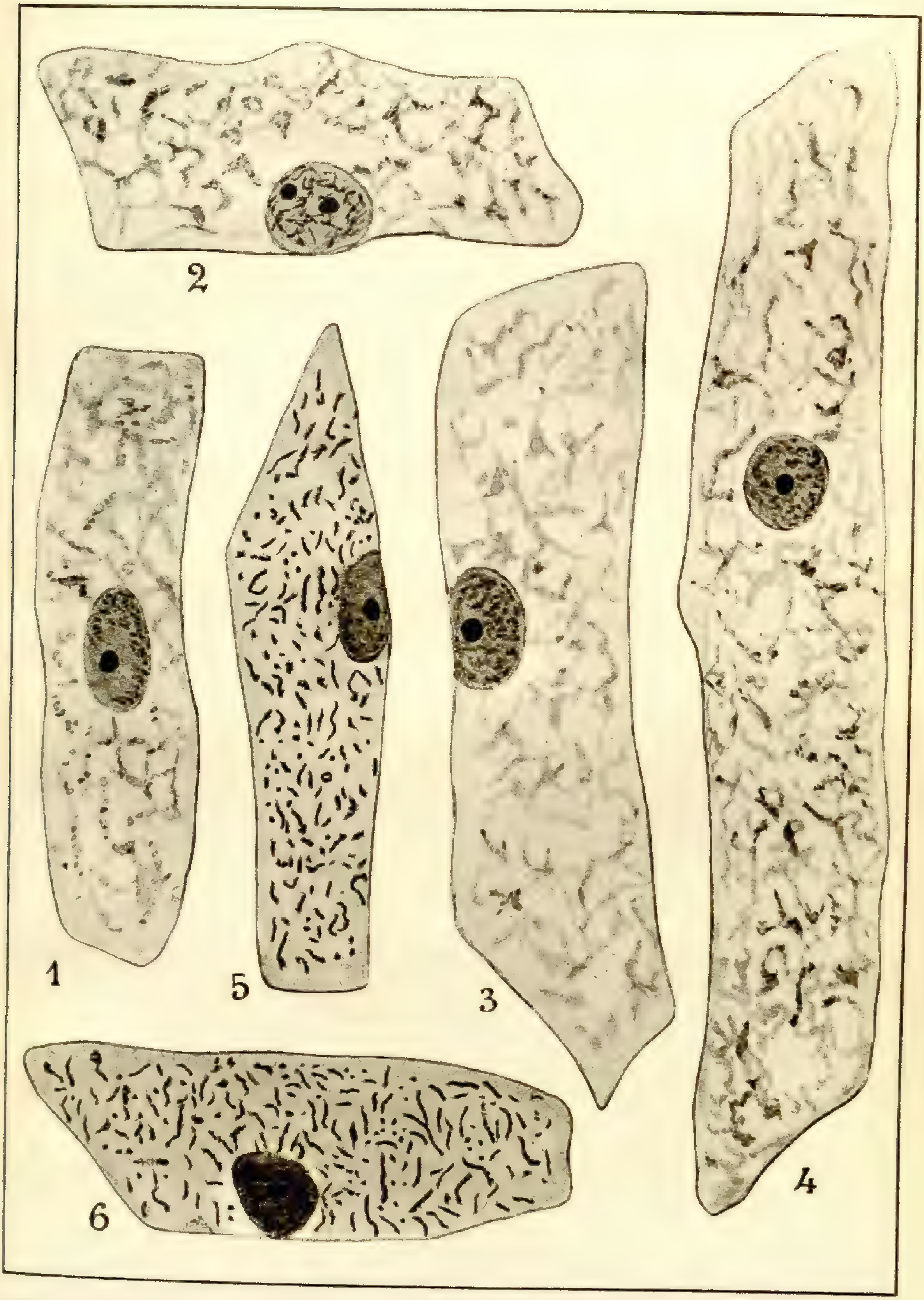
Guilliermond del.
I. Lafontaine imp
Boisgontier lith

CELLULES ÉPIDERMIQUES DES PÉTALES DE TULIPA SUAVEOLENS


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22

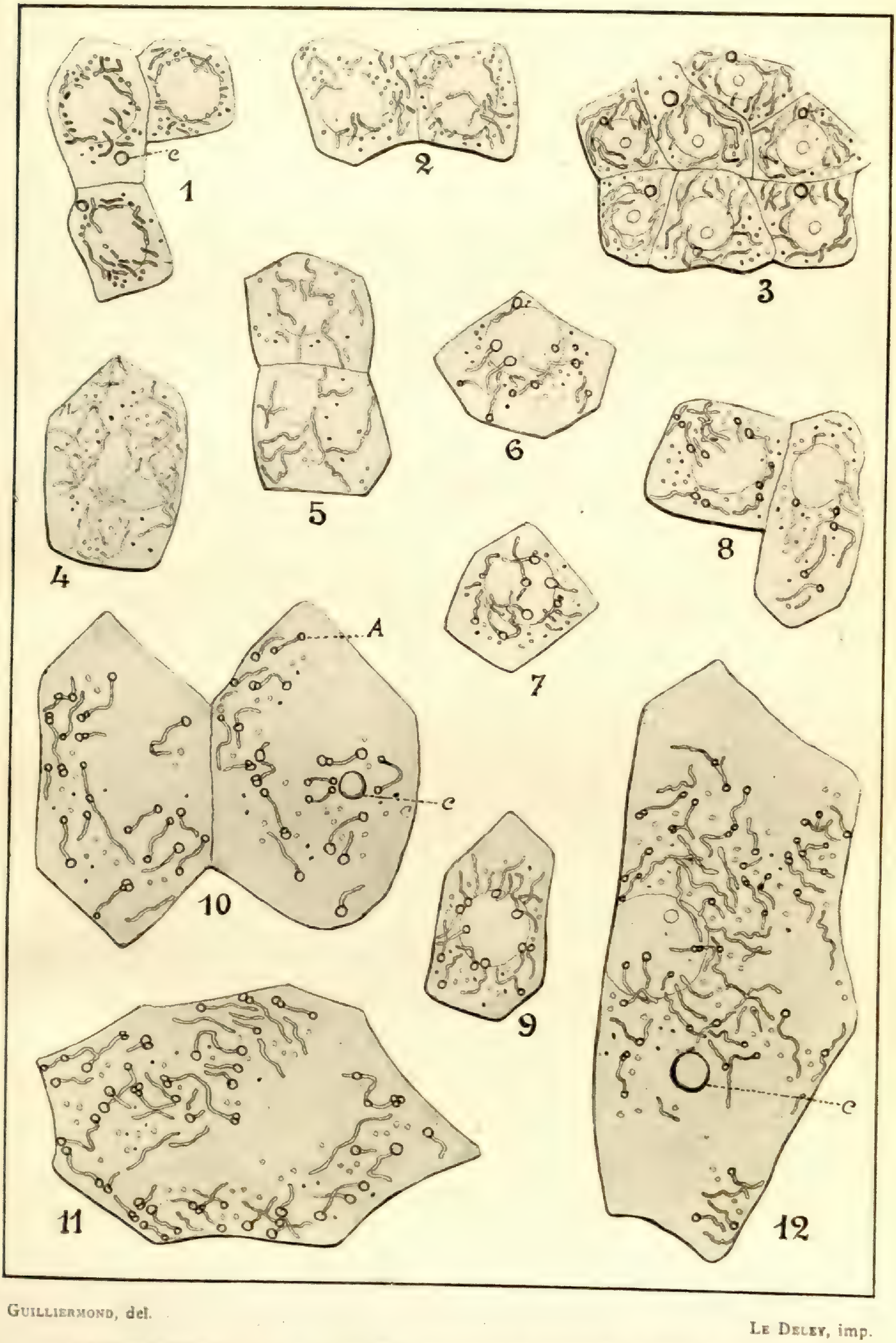
Guilliermond del.
L. Lafontaine imp.
Boisgontier lith.

CELLULES ÉPIDERMIQUES DES PÉTALES DE TULIPA SUAVEOLENS



GUILLIERMOND, del. LE DELEY, imp.

*Action des fixateurs sur le chondriome des cellules épidermiques des pétales de* Tulipa suaveolens


1
c
2
3
4
5
6
7
8
A
c
10
9
11
c
12

Guilliermond, del.
Le Deley, imp.

*Cellules épidermiques de pétales* d'Iris germanica *observées en solution isotonique*

# ÉTUDE

SUR LA

# SEMENCE ET LA GERMINATION

DU

# *GARCINIA MANGOSTANA* L.

**par M. Andreas SPRECHER**

*(fin)*

## III. GERMINATION

### A. Morphologie externe.

Au commencement de la germination (1), on remarque une certaine turgescence du tubercule. Au bout d'environ un mois on constate deux bourgeonnements sur le corps de l'hypocotyle. Ils sont toujours opposés l'un à l'autre, tantôt dans l'axe longitudinal, tantôt dans celui de la largeur, tantôt dans l'axe transversal, suivant l'orientation qu'a le cylindre central, dont il a été question plus haut. Prenons le cas le plus général, celui où le cylindre central se trouve dans l'axe longitudinal, et plaçons la semence comme elle est orientée dans le fruit, c'est-à-dire la partie amincie se terminant à droite en petit bec vers le haut, la partie plus large vers la base et le hile du côté du placenta du fruit (dans la fig. 10 à droite), alors nous avons la tigelle à gauche en haut (vers le dehors dans le fruit) et la radicule vers le bas (en dedans dans le fruit) (Pl, 5, fig. I).

---

(1) La germination se rapproche beaucoup de celle que Brandza a décrite en détail pour *Xanthochymus pictorius*. Cet auteur a constaté aussi que le mode de germination des différentes espèces de *Garcinia* qu'il a étudiées est semblable à celui de *Xanthochymus*, tant par sa morphologie externe que par sa morphologie interne.

Il y a naturellement de nombreuses exceptions à cette donnée, malgré la ressemblance plus ou moins prononcée des hypocotyles entre eux (Pl. 5, fig. II). Comment expliquer la ressemblance extérieure des tubercules et la dissemblance dans la constitution intérieure des germes? Le tégument se développe beaucoup plus rapidement que le germe lui-même: Nous avons vu que le tégument peut se former sans que l'embryon se développe. On rencontre des semences ayant atteint plusieurs mm. de diamètre et dont le germe se trouve perdu dans une très grande vésicule (fig. 5). La forme du germe sera donc déterminée par la forme du tégument qui est toujours à peu près la même, tandis que sa constitution intérieure dépendra de l'orientation qu'il aura prise dès les premiers stades dans sa vaste demeure. Cette orientation peut naturellement varier beaucoup, vu que l'épithélium intérieur du tégument est susceptible de donner naissance à des embryons adventifs sur toute sa surface et plus spécialement du côté ventral. Ceux-ci auront par conséquent une orientation différente, ce qui n'est pas le cas là où l'embryon sort d'une cellule-œuf résidant dans la plupart des ovules toujours à la même place.

Cette diversité dans l'orientation interne des germes confirme ce qui a été dit plus haut : nous avons chez cette plante des embryons adventifs naissant du tégument intérieur.

*Garcinia Mangostana* appartient aux espèces tropicales dont la croissance est lente. Tigelle et radicule se développent donc très lentement. Tous deux sont d'abord d'une couleur jaune, mais bientôt le sommet de la première prend une teinte rouge éclatante. Ce sommet consiste en deux petites feuilles écailleuses opposées l'une à l'autre, dont les bases renflées se touchent (pl. 5, fig. III). Elles atteignent une longueur de 5 à 7 mm., et leur rôle consiste sans doute à protéger les deux premières feuilles normales qui naissent en alternance avec elles. Dans la suite, les feuilles à naître seront protégées par la base de la dernière paire de feuilles.

On peut distinguer les deux feuilles écailleuses protégées par deux minuscules bourrelets dans un petit creux sur le tubercule en repos ; par contre le point où la racine primaire sortira est difficile à reconnaître. Au commencement de la germination, le cylindre central surgit un peu du tubercule et le centre de ce bout obtus donne naissance à la racine primaire.

Quand la tigelle a atteint une longueur de 1 à 2 cm. et s'est dressée vers le haut, il sort de sa base à l'endroit où elle s'élève sur l'hypocotyle-tubercule une seconde racine primaire. Pendant ce temps, la première s'est développée en un organe mince et délicat d'une longueur de 2 cm. (pl. 5, fig. I).

La tigelle ainsi que les feuilles écailleuses et le bourgeon terminal se colorent en rouge foncé. Après deux mois la tigelle peut avoir une longueur de 6 cm. et les deux racines sont à peu près de la même longueur et mesurent environ 2 à 3 cm. Elles ne possèdent à ce moment ni ramifications ni poils absorbants. La première racine primaire est passablement plus fine que la seconde. Bientôt cette dernière sera beaucoup plus longue et forte. La plantule de trois mois a ses premières feuilles épanouies, et possède une tigelle de 7 cm. de long, une première racine primaire ramifiée et une seconde bien plus forte d'une longueur d'environ 5 cm. sans ramifications ni poils absorbants. Les deux premières feuilles normales sont comme les feuilles écailleuses opposées et d'une couleur rouge brun. Elles sont sessiles ou à peine pétiolées, entières, coriacées, à nervures pennées et dépourvues de poils (pl. 5, fig. IV).

Après le développement des premières feuilles normales, il y a apparemment un long arrêt dans la croissance, la seconde paire de feuilles ne se forme que deux mois plus tard, la seconde racine est alors ramifiée et capable de suffire à toutes les fonctions que la plantule exige d'elle. La première devient donc superflue et le tubercule a épuisé ses matières de réserve et épaissi ses membranes. Encore quelques mois et il tombera avec la première racine, s'il n'est pas, faute de circulation, mangé plus tôt par des insectes.

Parmi de nombreuses plantules, j'ai rencontré deux fois le cas où, au lieu de deux feuilles opposées, il y avait trois feuilles en verticille. Je n'ai pas pu observer si ce caractère reste constant pendant toute la vie de l'arbre, mais c'est probable, puisqu'il en est ainsi chez d'autres plantes à feuilles opposées.

Un cas de germination tout à fait singulier est représenté par la figure V, pl. 5. Ici ce n'est pas la tigelle qui sort du haut du tubercule, mais un corps semblable à un véritable hypocotyle. Celui-ci produit vers le haut une tige et vers le bas une racine. En même temps, il sort de la base de la tige une racine, comme dans le cas d'une germination normale. Nous avons donc ici trois racines primaires pour ainsi dire : la première sortant du tubercule, la seconde de la tigelle, et la troisième de la base du second hypocotyle. Laquelle des trois sera la racine définitive ? D'après l'aspect, ce sera la dernière ; la première est comme toujours destinée à disparaître avec l'hypocotyle-tubercule épuisé, la seconde est moins bien développée que la troisième qui a toutes les chances de supplanter les autres, même la seconde qui sera réduite ainsi au rôle d'une racine adventive latérale. Nous aurons donc ici entre la tige et la racine permanente un premier entre-nœud de l'axe, un hypocotyle, comme chez les autres plantes, avec cette différence que les cotylédons proprement dits font défaut.

Les hypocotyles doubles donnent naturellement deux plantules qui ne sont pas toujours de vigueur égale. J'ai rencontré plusieurs fois des doubles plantules, et Planchon et Triana figurent dans leur étude le même cas chez *Xanthochymus dulcis* et ajoutent que ce phénomène est assez fréquent chez cette Garciniée. C'est évidemment aussi vrai pour *Garcinia Mangostana* (pl. 5, fig VI). D'après Van Tieghem (1), il y a chez *Clusia rosea* quelquefois deux ou même trois embryons, et cet auteur nous apprend que c'est un exemple de polyembryonie analogue à celui de *Citrus*. Gœbel (2) mentionne chez *Clusia alba* la présence d'embryons adventifs dérivant de cellules du nucelle. Ce phénomène doit, par conséquent, être assez répandu chez les Guttifères.

Puisque les tiges de ces doubles plantules de *Garcinia* sont toujours l'une à côté de l'autre et les racines aussi, les ébauches d'embryons ont dû avoir plus ou moins la même orientation, contrairement à ce qui se voit chez *Mangifera*, où les multiples germes de la semence mûre sont orientés différemment. Si nous considérons, en outre, qu'il n'y a pas traces de tissu entre les deux tubercules qui adhèrent complètement l'un à l'autre, que les embryons naissent du tégument intérieur, on peut admettre que les deux germes sont issus de la même papille ou de deux papilles voisines, ce qui est beaucoup plus probable.

---

(1) Ph. Van Tieghem. *(Loc. cit.* 1885).

(2) K. Goebel. Bemerkung zu Moebius. Parasitismus und sexuelle. Reproduction im Pflanzenreiche. (*Biol. Central bl.*, 20, 571, 1900).

### B. Expériences de régénération.

Si on coupe la tigelle au commencement de la germination avec une partie du tubercule, il se développe au bord de la section du fragment qui porte à l'autre bout la racine primaire, des bourgeons adventifs (pl. 5, fig. VII). J'ai obtenu ainsi des germinations qui rappellent les doubles plantules issues des embryons soudés ensemble, mais ici, les deux tiges sortent du même hypocotyle-tubercule et ne possèdent qu'une seule racine primaire. Chaque tige produit dans la suite à sa base une seconde racine comme d'ordinaire. Celle-ci est, par conséquent, beaucoup plus jeune que la racine primaire dont le développement sera renforcé par le fait du fonctionnement retardé des secondes racines.

La tigelle avec le fragment du tubercule périt si on fait la section trop tôt, c'est-à-dire quand la seconde racine n'est pas encore en force de procurer suffisamment d'aliment à la plantule, quand l'assimilation de la tigelle est encore faible.

En coupant le tubercule en voie de germination en trois parties égales perpendiculairement à son cylindre central, la première partie portant la tigelle développera à la base de celle-ci une racine comme si l'on n'avait pas pratiqué de section, mais je n'ai pas pu obtenir la formation d'une racine sur la partie sectionnée. La seconde a produit des bourgeons au bord des deux sections, mais ils se sont desséchés avec le tubercule, de sorte que je ne peux dire de quelle nature ils étaient. La troisième partie avec la racine primaire a produit plusieurs bourgeons dont un ou deux se développent en tiges normales. Si l'on sectionne le tubercule en long, les parties où ne passe pas le cylindre central n'ont rien produit. Il resterait à examiner si les fragments, qui dans mes expériences n'ont rien donné, se comportent en toutes circonstances de la même façon.

Quand la plantule a déployé sa première paire de feuilles normales, on peut couper le tubercule sans causer de préjudice à la vie de la jeune plante, la croissance en sera un peu ralentie, et la couleur rouge-brun disparaîtra immédiatement et fera place à une couleur verte. Cela confirme ce que j'ai écrit à propos des plantules d'*Hevea*, que l'anthocyanine se forme à la suite d'une désassimilation intense des hydrocarbones contenus dans la semence. Quand la température n'est pas trop élevée et l'humidité suffisante, bref, quand les conditions de germination sont favorables, il se forme dans la plantule plus de sucre et d'acides organiques libres qu'elle n'en a besoin. Il y a une accumulation de substances organiques chez elle, et le surplus de sucre se condensera avec les tannins en anthocyanine. Si l'on supprime les réserves de substances organiques, l'anthocyanine déjà formée dans la plantule entre de nouveau dans la circulation et disparaît ; ainsi la couleur verte des feuilles apparaît. La matière colorante rouge se forme à l'ombre aussi bien qu'à la lumière, elle apparaît même dans l'obscurité. Elle ne servira donc aucunement d'écran. On peut admettre qu'elle remplit un rôle quelconque, et celui qui semble le plus indiqué chez les jeunes plantes de *Garcinia* est d'activer la transpiration en augmentant la température. La plante, pour une poussée vigoureuse, a besoin non seulement des substances organiques qu'elle trouve à sa disposition dans l'hypocotyle-tubercule, mais encore des sels nutritifs du sol. Ces derniers n'entrent que par les racines et seront filtrés à travers les tissus. Plus la transpiration est considérable, plus il y aura de sels déposés dans la plante et susceptibles d'être employés pour la construction de nouvelles cellules. Mais chez *Garcinia*, la constitution des racines n'est pas telle qu'elle facilite une grande absorption d'eau et c'est probablement pour cela que la croissance des plantules est si lente. Il y aura trop de substances organiques par rapport aux substances minérales et les premières seront mises en réserve sous forme d'anthocyanine. Comme nous avons déjà remarqué que le latex jaune du fruit mal mûr disparaît avec l'apparition de la couleur rouge de l'écorce, il existe peut-être de même un rapport en sens inverse entre l'anthocyanine et les canaux sécréteurs qui se forment dans la plantule.

Mes expériences de régénération mériteraient d'être étendues et complétées, car elles ont été faites seulement dans la bonne terre de jardin et à l'air libre. On pourrait les répéter dans un laboratoire en modifiant les conditions extérieures. Peut-être verrait-on se produire des réactions encore plus diverses et inattendues.

### C. Morphologie interne.

*a) Anatomie de l'hypocotyle-tubercule.* — Comme nous l'avons déjà indiqué, l'hypocotyle-tubercule subit des modifications au cours de la germination. La partie centrale se constitue en vrai cylindre central, c'est-à-dire que l'endoderme, chez lequel les points de Caspary sont nettement visibles, forme une couche continue. En dedans de cette couche, le phloème et le xylème forment une douzaine de groupes dont la structure anatomique présente quelques particularités (fig. 18). Les éléments ligneux rayonnent autour d'un point central, de sorte que la section de chaque groupe a plus ou moins la forme d'un demi-cercle. Le xylème montre donc l'arrangement d'un bois secondaire, c'est-à-dire d'un bois formé par une assise génératrice. Et, en effet, on trouve entre les petites cellules du liber et les cellules lignifiées une fine couche qui limite les dernières vers l'extérieur. Les cellules du liber sont petites et moins nombreuses que celles du bois. Ces dernières sont des hydrocytes à épaississements réticulés. Elles gardent leur noyau très longtemps, même à l'état ligneux. Elles sont cylindriques, quelquefois à peine allongées et servent à transporter l'eau absorbée par la première racine primaire, à travers l'hypocotyle-tubercule jusque dans la tige. On peut intensifier la production de ces hydrocytes si l'on coupe chez une plantule de deux mois par exemple, la seconde racine primaire ; l'appel d'eau se fait alors à travers le tubercule ; par conséquent, la première racine primaire devient plus forte et les éléments conducteurs de l'hypocotyle-tubercule augmentent.

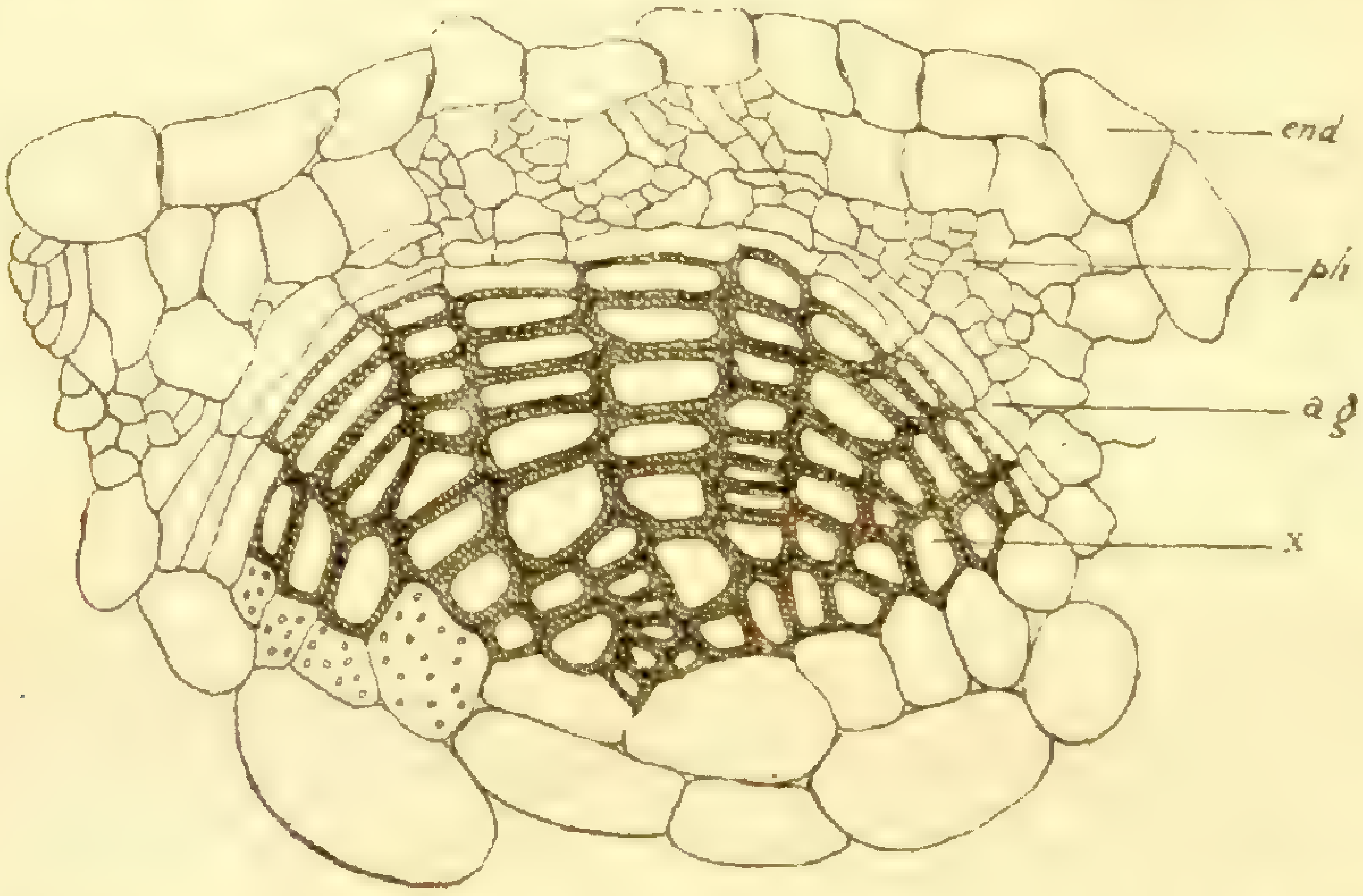


Fig. 18. — Section transversale dans un hypocotyle-tubercule qui a germé, montrant un faisceau libéro-ligneux : *end.*, endoderme ; *ph.*, phloème ; *ag.*, assise génératrice ; *x*,, xylème (gr. 290).

Pendant la germination, il se forme aussi dans l'écorce au-dessous de l'épiderme des canaux sécréteurs par écartement de cellules.

L'amidon et les substances grasses sont mobilisés et disparaissent finalement des cellules. Les termites qui se chargent de faire disparaître l'écorce et la pulpe du fruit dont le suc a subi des transformations pendant la maturation, n'attaquent pas l'hypocotyle-tubercule en voie de germination.

Après quelques mois de germination, l'hypocotyle se ratatine, les cellules de l'écorce se vident, les parois se gonflent, mais restent cellulosiques. Les cellules de la moelle restent encore turgescentes. Autour du cylindre central, il se forme quelques assises de suber dont l'assise génératrice dérive de l'endoderme. Il est assez singulier de voir l'endoderme, qui possède une bande plissée et subérifiée nettement prononcée, prendre le rôle de phellogène. Ainsi le cylindre central est isolé de l'écorce et la circulation entre la racine primaire et la tige n'est pas entravée. Quelquefois tout le tubercule dégénère, sauf un groupe de cellules libéro-ligneuses autour duquel il se forme une zone subérifiée qui maintient encore un peu plus longtemps une communication très restreinte entre la plantule et la racine primaire.

*b) Anatomie de la racine.* — La structure primaire est à peu près la même chez la première racine et les racines adventives. Le nombre des faisceaux varie selon la vigueur de la racine ; ainsi la première racine primaire a généralement moins de faisceaux libéro-ligneux que la racine adventive, qui en possède environ une douzaine, mais plus que les radicelles qui en ont quatre ou cinq. La moelle se lignifie de bonne heure, en sorte que nous trouvons au centre de la racine primaire un cordon solide dont le diamètre peut varier ; il mesure chez les racines fortes à peu près le tiers du rayon de la racine entière et chez les racines faibles seulement le cinquième. Vis-à-vis des faisceaux libériens, on rencontre dans l'endoderme une cellule entièrement subérifiée tandis que les autres éléments endodermiques ne présentent que la bande plissée subérifiée habituelle.

L'écorce est constituée par des cellules parenchymateuses, laissant des méats entre elles. Leur diamètre diminue vers la périphérie. Ni dans le cylindre central, ni dans l'écorce, on ne trouve de canaux sécréteurs, ils sont donc absents de la structure primaire de la racine. D'après Van Tieghem (1), le *Xanthochymus pictorius* possède dès le début de l'organisation primaire un canal sécréteur bien développé dans chaque faisceau libérien. Il se peut que *Garcinia pictoria* se comporte à ce sujet autrement que *G. Mangostana*. Mais il n'est pas impossible aussi que « dès le début » soit une exagération (2), car il est vrai que les canaux sécréteurs apparaissent entre les différents groupes de phloème primaire en même temps que le cambium et les premiers éléments du xylème et du phloème secondaire (fig. 19).

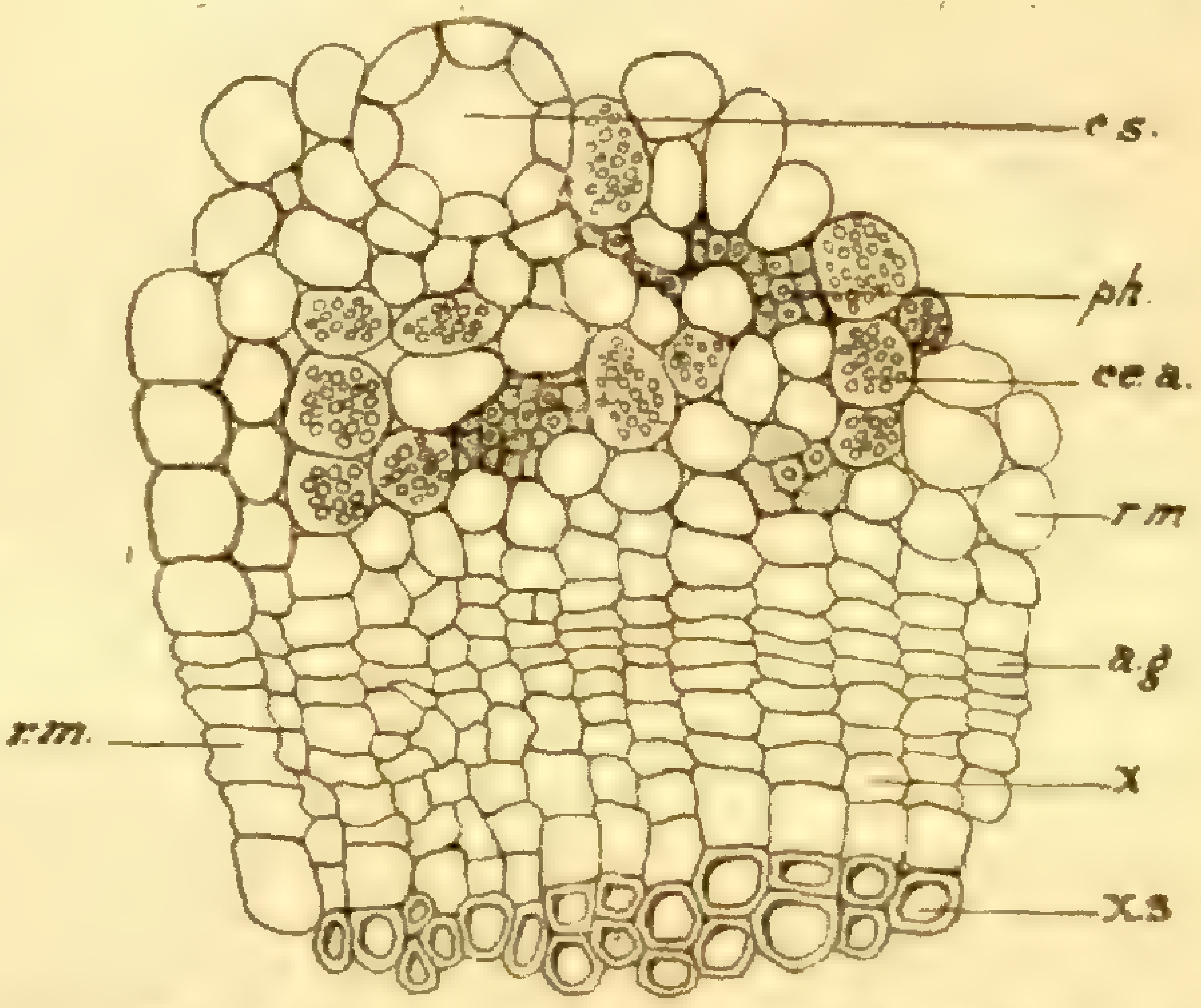


Fig. 19. — Section transversale dans la région cambiale et libérienne d'une racine passant de la structure primaire à l'état secondaire : *cs.*, canal sécréteur ; *ph.*, phloème ; *cea.*, cellule à amidon ; *rm.*, rayon médullaire ; *ag.*, assise génératrice ; *x*, xylème non encore différencié ; *xs.*, xylème secondaire (gr. 200).

La racine primaire ne possède pas de poils absorbants, c'est à peine si quelques cellules épidermiques sont un peu plus allongées que d'autres. La couche sous-épidermique présente de très bonne heure la lamelle moyenne subérifiée. Mais toutes les cellules sous-épidermiques ne sont pas subérifiées, il y a de temps en temps une cellule à membrane cellulosique mince qui fonctionne probablement comme cellule de passage. Les quatre cellules épidermiques couvrant la cellule de passage ont les périclines très épaissies, mais complètement cellulosiques. Les éléments en dedans des cellules de passage ont des membranes très délicates qui se plissent. Tout parle donc en faveur de l'idée que le passage de l'eau doit se faire le plus facilement à travers ces cellules particulières de l'épiderme et de l'hypoderme. Puisque la subérification de l'hypoderme peut s'observer jusque dans la coiffe, n'y laissant qu'une étroite zone axiale non subérifiée, l'absorption de l'eau ne doit pas être facile. Je me suis demandé s'il n'y a pas de mycorhizes qui aident la plante à se pourvoir de l'eau nécessaire, mais je n'ai pas rencontré d'hyphes de Champignon. La présence de Bactéries dans les cellules de passage est plus probable. Pour être tout à fait au clair sur la fonction de ces dernières, il faudrait les étudier à l'état vivant. La coiffe regorge de grains d'amidon en dehors des cellules subérifiées et, dans l'axe de la racine, il y en a même jusqu'au périblème.

---

(1) Ph. Van Tieghem. (*Loc. cit.* 1872).

(2) D'après les recherches de Brandza, Van Tieghem a raison. *Xanthochymus pictorius* possède en effet, en dedans de chaque faisceau libérien primaire, un canal sécréteur, tandis que dans les espèces de *Garcinia* étudiées par lui, il n'en a trouvés à l'état primaire ni dans l'écorce ni dans le cylindre central, ce qui corrobore donc entièrement mes observations sur *G. Mangostana*. Brandza a observé, comme moi, que le nombre des faisceaux dans la racine primaire est en rapport avec la grosseur de la racine. Il n'y a donc là rien de fixe. Ainsi la racine adventive a généralement plus de faisceaux conducteurs que la radicule — appelée, par moi, première racine primaire. — Le périderme de la racine se forme dans la première ou dans la seconde assise en dedans de l'assise subéreuse chez *Xanthochymus pictorius*, la même chose arrive, comme nous le verrons, chez *G. Mangostana*. Quant au périderme de la tigelle, Brandza dit que son origine épidermique ou sous-épidermique est un caractère constant de toutes les Guttifères.

Les détails de la structure radiculaire qui viennent d'être mentionnés ne sautent pas facilement aux yeux, si l'on n'emploie pas des colorations différentes. Ainsi le soudan III ne fait ressortir que la lamelle moyenne subérifiée de l'hypoderme, le chlorure de zinc iodé colore cette même couche en brun, les cellules épidermiques en jaune, mais leur prolongation papilleuse en bleu violacé. C'est le réactif genevois qui différencie le mieux les différents éléments. L'hypoderme — tout particulièrement la lamelle moyenne — se colore en brun, l'épiderme en rose, et les épaississements des cellules couvrant les cellules de passage en rouge carmin éclatant (réaction de l'hydrocellulose).

Menko Plaut (1) préconise dans un travail sur les gaines physiologiques des Gymnospermes, Equisétinées et Bryophytes, surtout le soudan III pour démontrer la subérification. Il est vrai que c'est le meilleur réactif pour le suber, ce que nous savons du reste depuis les expériences de Buscalioni (2). Mais si on désire avoir des colorations quelque peu durables de la cellulose, du xylème et du phloème, du suber et de la cuticule, le soudan ne peut servir et le réactif genevois rend alors de meilleurs services, et suivant l'objet à colorer tout particulièrement la modification recommandée par Paoli (1). Plaut critique sévèrement le réactif genevois. Il dit qu'il n'a pas trouvé un contraste bien net entre le suber et le xylème traité par ce colorant.

---

(1) M. Plaut. Untersuchungen zur Kenntnis der physiologischen Scheiden bei den Gymnospermen, Equiseten und Bryophyten. *Jhrb. f. wiss. Bot.*, T. 47, pp. 121-185 (1910).

(2) L. Buscalioni. Der Sudan III und seine Verwendung in der botanischen Mikrotechnik. (*Bot. Centralbl.*, T. 76, p. 398, 1898).

Comme toute la microtechnique est une question de routine, il est compréhensible que le réactif genevois ne satisfasse pas toujours ceux qui l'emploient pour la première fois. Plaut conteste à Bernard (2) que les plus faibles traces de cutinisation soient démontrables par ce réactif, et il me reproche à moi de ne pas avoir remarqué l'état secondaire de l'endoderme chez le Gingko (3). C'est contraire à la vérité. J'ai écrit, page 41 de mon travail sur *Gingko biloba* : « L'écorce est limitée vers l'intérieur par l'endoderme, c'est-à-dire cette couche qui présente sur ses parois radiales les subérifications bien connues sous le nom de "points de Caspary". » Mais qui parle de subérification parle, me semble-t-il, d'un état secondaire, car depuis quand les subérifications sont-elles primaires ?

Plaut me reproche, en outre, de ne pas avoir connu la signification de l'intercutis, et pour cette raison de n'avoir pas interprété clairement la communication de cette couche avec l'endoderme observée par moi. Il dit que j'ai négligé de mettre en rapport mes observations avec celles de Müller sur la méta-cutinisation du point végétatif de la racine des Monocotylées. Que le lecteur veuille bien lire ce que j'ai écrit sur le point végétatif de la racine de Gingko et qu'il le compare à ce que M. Plaut écrit à ce sujet. Sa figure 29 est mieux faite, je l'avoue, que la figure 35 de mon travail, mais correspond exactement à la mienne. Si j'ai négligé les termes savants chers à l'école de Marbourg, j'ai connu les faits, et Plaut ne nous apprend rien de neuf. Pour lui comme pour moi, les cellules subérifiées servent à la protection du point végétatif.

Une bonne terminologie peut, certes, rendre de grands services en mettant de l'ordre dans la masse des faits connus. Mais la nature ne se moque-t-elle pas quelquefois de nos plus beaux systèmes ? Et de plus, ne sommes-nous pas libres d'attendre, avec l'emploi de nouveaux termes jusqu'à ce qu'ils aient fait leurs preuves ?

---

(1) G. Paoli. Una modificazione nell' uso del réactif genevois di Chodat. (*Bull. d. soc. bot. ital.*, p. 356, 1904).

(2) Ch. Bernard. Le bois centripète dans les feuilles de Conifères. (*Beih. Z. Bot. Centrabl.*, T. 17, p. 241, p. 310, 1904).

(3) A. Sprecher. Le *Gingko biloba* L. Genève, Atar, 209 pp. (1907).

Au cours du développement ultérieur de la racine, il se forme sous la couche hypodermique subérifiée en premier lieu, un phellogène qui produit du suber vers l'extérieur. Nous avons donc deux formations de suber dont l'origine est différente : premièrement, la couche subéreuse issue de l'assise hypodermique de la racine primaire, ensuite le suber formé par une assise génératrice issue de la troisième couche sous-épidermique.

Les canaux sécréteurs ne se trouvent que dans la région libérienne (fig. 19 + 20). Les tubes criblés sont peu nombreux et d'un petit diamètre (0,05 mm.). Ils sont faciles à reconnaître à leurs parois gonflées demi-gélifiées, se colorant en bleu intense avec le réactif genevois acide, tandis que les cellules annexes, de diamètre égal, ne donnent pas cette coloration.

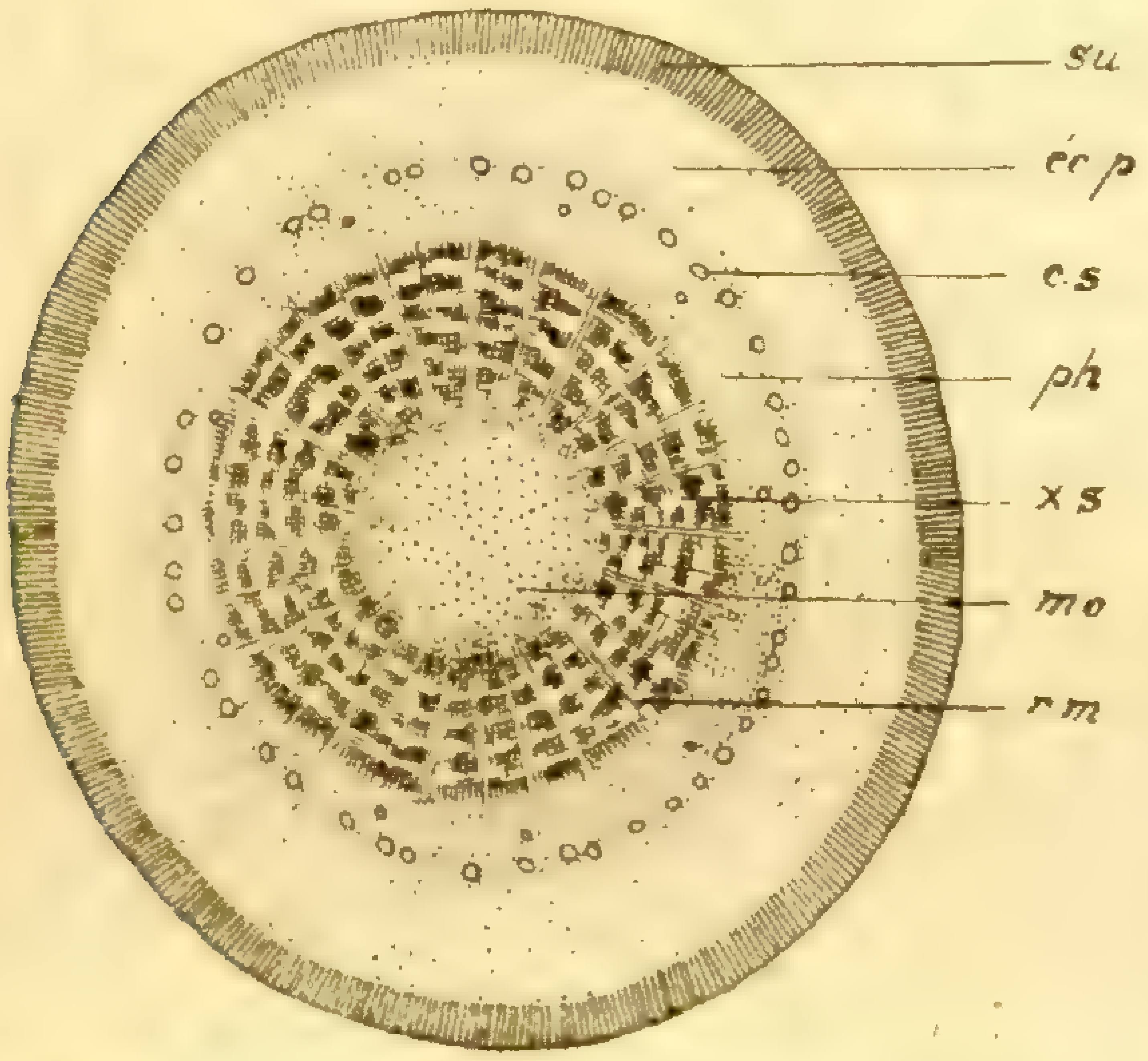


Fig. 20. — Schéma d'une section transversale dans une racine principale secondaire (plantule avec la seconde paire de feuilles normales) ; *su.*, suber ; *éc p.*, écorce primaire ; *c. s.*, canal sécréteur ; *ph.*, phloème ; *x.s.*, xylème secondaire ; *mo.*, moelle ; *r. m.*, rayon médullaire (gr. 18).

Le parenchyme libérien est constitué par des cellules beaucoup plus grandes (diamètre 12 à 25 µ), remplies d'amidon (fig. 19). La région non différenciée entre le phloème et le xylème est assez étendue et comporte une dizaine de couches. La lignification n'a lieu que petit à petit. Le bois secondaire est constitué par des zones de fibres alternant avec des zones de parenchyme ligneux, toutes deux traversées par de nombreux rayons médullaires larges de une ou deux rangées de cellules et hauts de plusieurs couches. La moelle est plus ou moins lignifiée chez la racine principale (adventive), beaucoup moins que chez la première racine primaire et les racines latérales (fig. 20).

*c) Anatomie de la tige.* — L'épiderme de la tige est papilleux ; il possède une cuticule épaisse et presque point de stomates. L'anthocyanine qui colore les jeunes tiges en rouge se trouve dans les cellules épidermiques et sous-épidermiques. La tige est un peu rayée et les rainures alternent avec de fines côtes plus ou moins régulières dans lesquelles est placé un canal sécréteur. Ceux-ci sont nombreux dans l'écorce et la moelle, ce qui ne doit pas être le cas chez toutes les Guttifères (1) (fig. 21).

Les couches avoisinant le cylindre central sont remplies d'amidon. L'endoderme se discerne très bien dans une préparation au chlorure de zinc iodé à sa bande subérifiée colorée en jaune. Ainsi la région de l'endoderme est nettement marquée aussi dans la tige.

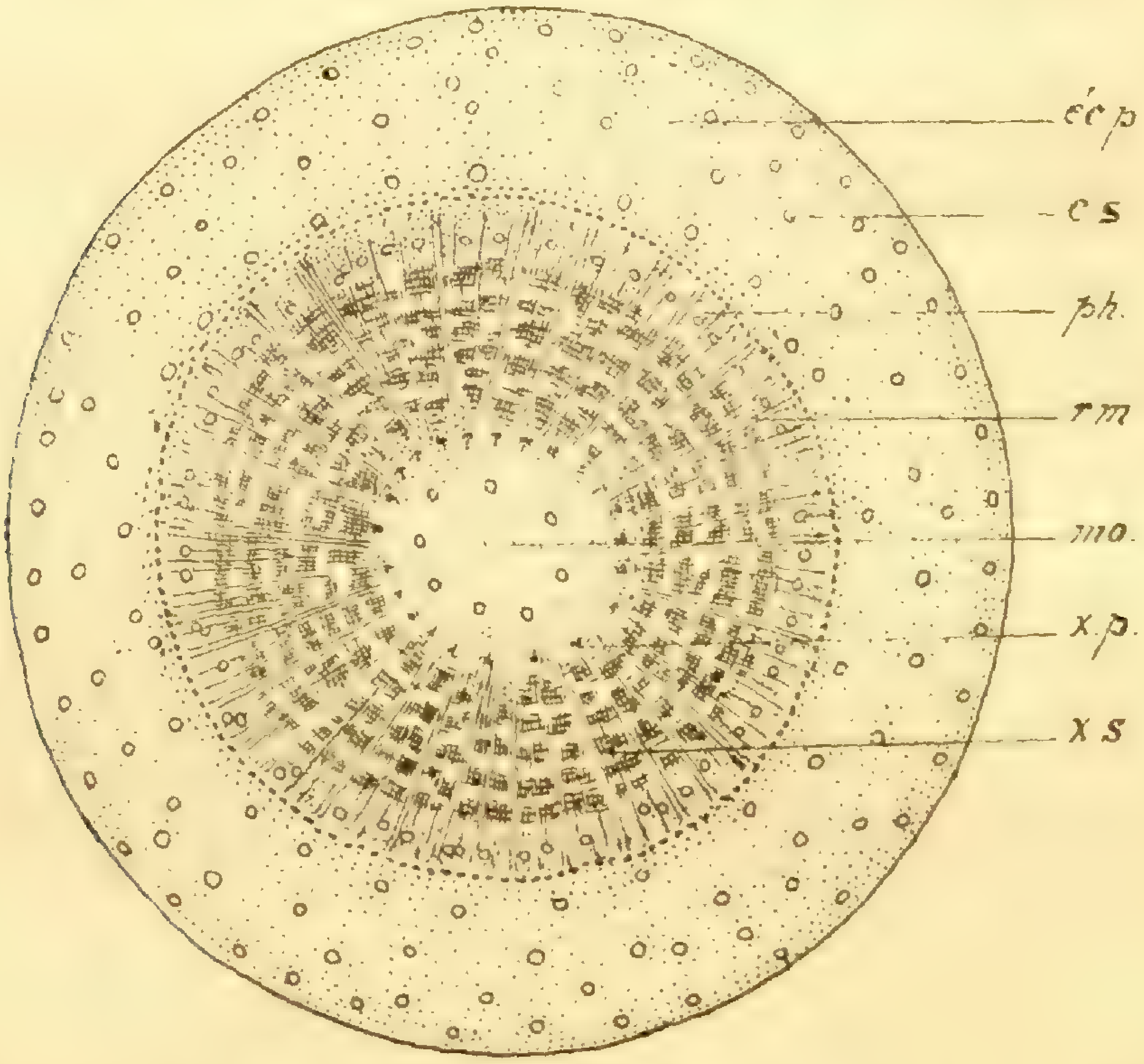


Fig. 21. — Schéma d'une section transversale dans une tige qui a développé la seconde paire de feuilles normales : *éc. p.*, écorce primaire ; *c. s.*, canal sécréteur ; *ph.*, phloème ; *r. m.*, rayon médullaire ; *mo.*, moelle ; *x. p.*, xylème primaire ; *x. s.*, xylème secondaire (gr. 18).

Le phloème primaire est mieux développé que le xylème primaire ; pour un faisceau ligneux, il y a quelquefois, en suite d'une division du faisceau libérien, deux ou trois groupes de phloème, de sorte que les deux tissus sont dans un rapport de 2 à 3 (fig. 22). Dans le voisinage du liber, on trouve par ci par là des cellules à tannin, c'est-à-dire des cellules qui se colorent avec le réactif genevois acide non en bleu mais en rouge orange et qui donnent avec le chlorure ferrique dans l'éther une coloration gris-vert. La même coloration se voit chez les cellules épidermiques et sous-épidermiques qui contiennent comme nous l'avons vu de l'anthocyanine. Beaucoup de membranes cellulaires de l'écorce se colorent avec le chlorure ferrique en gris-vert, tout particulièrement les membranes des cellules qui entourent les canaux sécréteurs. Enfin les membranes des cellules périmédullaires contiennent aussi du tannin. Même le protoxylème se colore un peu avec le chlorure de fer, tandis que le xylème reste, en général, incolore. Toutes les membranes cellulosiques qni contiennent du tannin ne se colorent pas en rose avec le réactif genevois (bleu avec le même réactif acide), mais en rouge-orange.

---

(1) Ph. Van Tieghem. (*Loc. cit.* 1885).

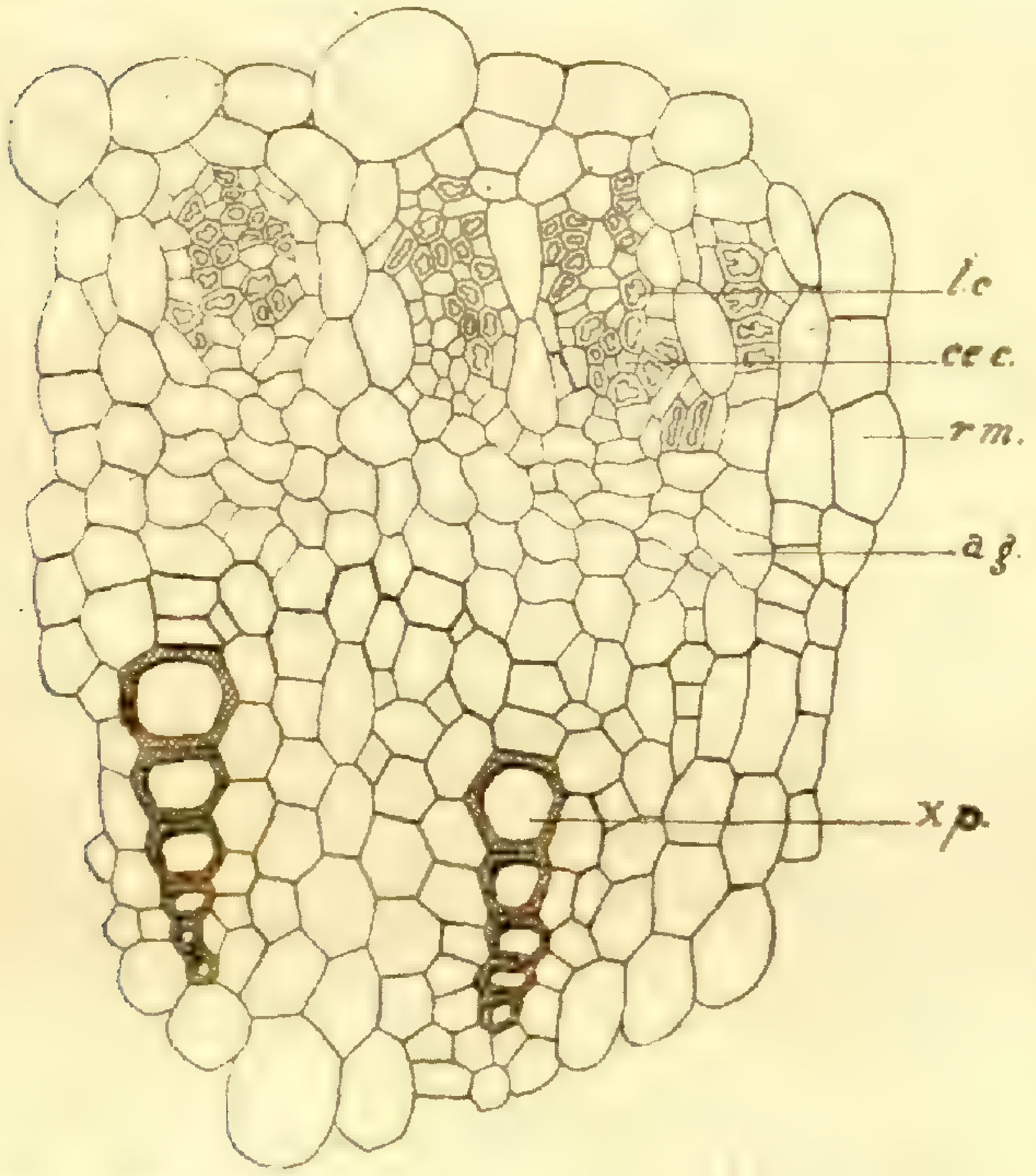


Fig. 22. — Section transversale dans la région des feuilles écailleuses d'une tige primaire : *t. c.*, tube crible ; *ce. c.*, cellule compagne ; *r. m.*, rayon médullaire ; *a. g.*, assise génératrice ; *x. p*, xylème primaire (gr. 290).

Il paraît indiqué de dire ici un mot sur la formation des canaux sécréteurs ou glandes canaliformes comme Vesque (1) a proposé de les nommer (2). L'origine de ces canaux s'observe tout particulièrement bien dans les jeunes ovaires. Trécul (3) l'a étudiée chez les *Quinées*, où elle est différente des autres *Guttifères*. Il fait une distinction très nette entre les canaux d'origine schizogène et les autres qui naissent par lysigénie, sans toutefois connaître ces expressions qui ont été introduites dans la botanique par De Bary (1).

---

(1) J. Vesque. Sur la classification et l'histoire des *Clusia*. (*Compt. rend. de l'Acad. des sc.*, Paris, T. 112, p. 542, 1891).

(2) Il est préférable de maintenir dans ce travail la première dénomination, car, sauf erreur, celle de Vesque n'a pas été admise.

(3) A. Trécul. (*Loc. cit.*, 1866).

Chez *Garcinia Mangostana*, les canaux à gomme prennent naissance par écartement de cellules. Une cellule parenchymateuse de grandeur ordinaire, possédant un riche protoplasme, et un noyau volumineux, se divise. Chacune des cellules-filles se divise encore, de sorte qu'il résulte quatre cellules occupant la place de la cellule initiale. Quelquefois, on remarque déjà à ce stade un écartement des quatre cellules, laissant entre elles un étroit canal. Mais plus souvent il y a encore une division, ce qui porte le nombre des cellules-arrière-petites-filles à huit. C'est le cas le plus régulier. Si une cellule-fille ou petite-fille ne se divise plus ou reste en arrière, nous n'observons plus un nombre pair de cellules de bordure, mais trois ou cinq ou sept, etc.

Dans la jeune plante, le diamètre d'un canal sécréteur reste pendant longtemps à peu près le même que celui des cellules parenchymateuses environnantes. Puisqu'il y a une série de cellules superposées qui se comportent de la même manière, nous obtenons finalement un canal très long. Je n'ai pas rencontré d'anastomoses de canaux dans la plantule, ni dans la racine, ni dans la tige.

Chez les tiges qui, au lieu de deux feuilles opposées, possèdent un verticille de trois feuilles, nous avons un cylindre central qui, dans la région des premières feuilles, marque cette division en trois (fig. 23). Le cylindre central a plus de faisceaux libéro-ligneux initiaux que celui des tiges à feuilles opposées. Une riche nutrition pourrait bien être la cause de cette variation. Il serait intéressant d'étudier les descendants de ces arbres à trois feuilles verticillaires.

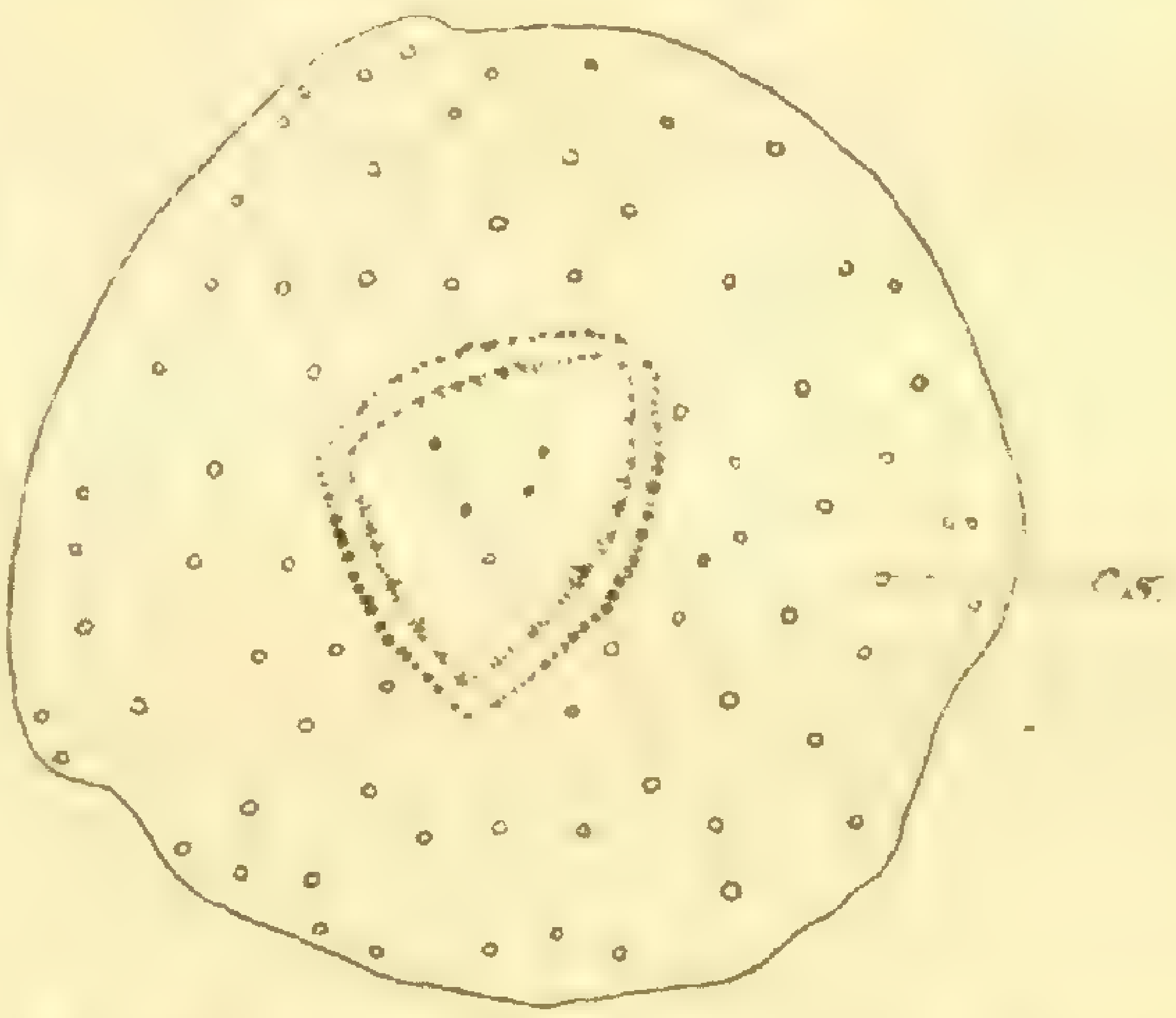


Fig. 23. — Schéma d'une section transversale dans la région des feuilles écailleuses d'une tige primaire possédant une structure triarque; *c. s.*, canal sécréteur (gr. 13).

---

(1) A. DE BARY. Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane. Leipzig, p. 209, 1877).

Le cas anormal de second hypocotyle mentionné plus haut a la structure d'une tige, avec cette différence toutefois que l'écorce secondaire est développée beaucoup plus tôt que dans les tiges, ce qui le rapproche des racines.

Le phellogène est hypodermique chez la tige. L'écorce secondaire s'y développe plus tard que chez la racine. La formation du xylème secondaire peut être déjà assez considérable (plus d'un millimètre d'épaisseur) sans que le phellogène ait fonctionné d'une manière continue. Quand la jeune plante possède deux paires de feuilles normales, on ne rencontre pas encore un phellogène continu, mais seulement des lenticelles. Chez *Garcinia*, ces dernières sont très longues par rapport à la largeur et présentent la structure secondaire connue ; elles se distinguent nettement des lenticelles primaires que j'ai observées dans les jeunes tiges d'*Hevea brasiliensis*.

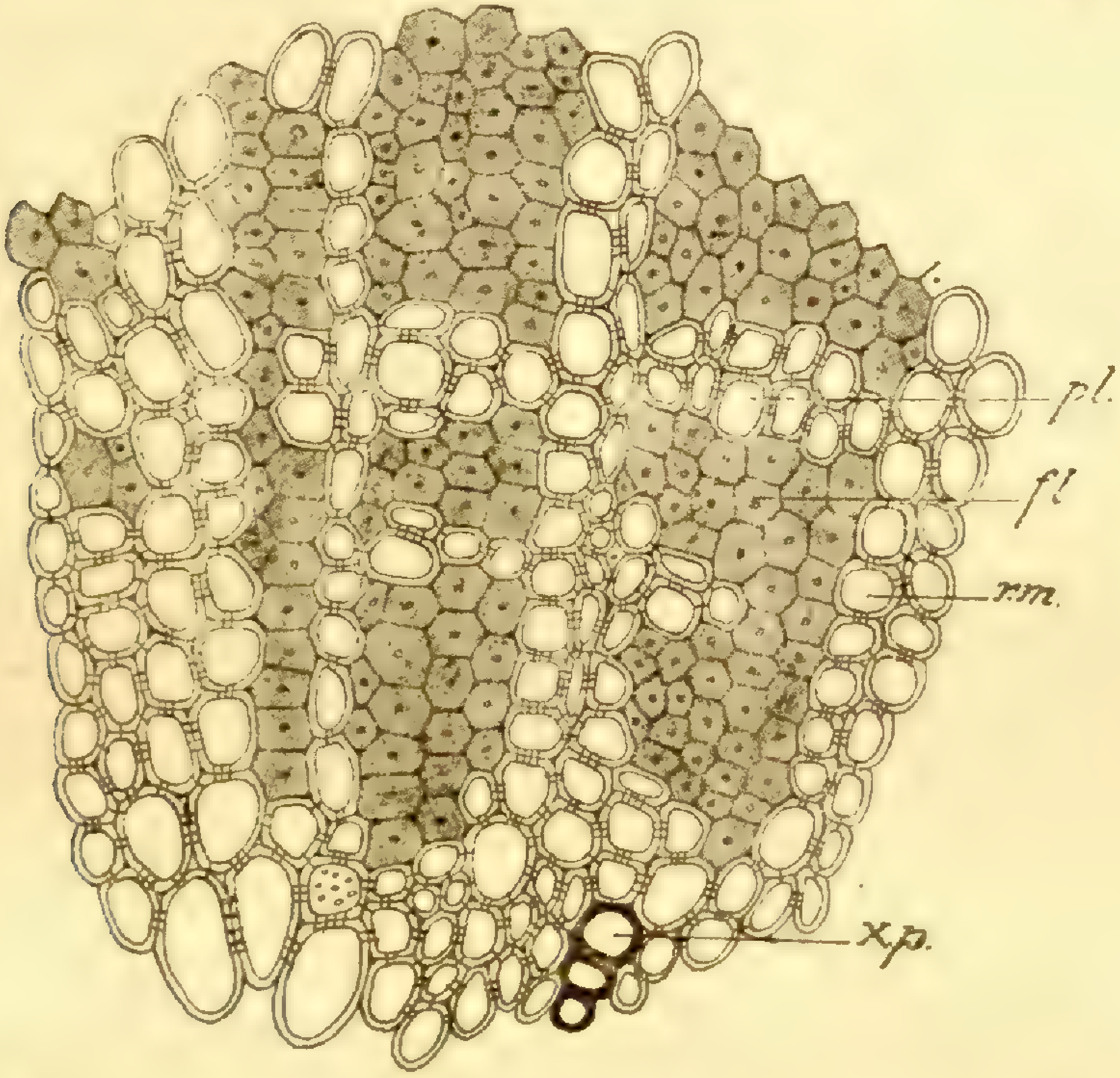


Fig. 24. — Section transversale dans le xylème secondaire d'une tige portant la seconde paire de feuilles normales ; *p. l.*, parenchyme ligneux ; *f. l.*, fibre ligneuse ; *r. m.*, rayon médullaire ; *x. p.*, xylème primaire (gr. 260).

Le bois de la tige est plus compact que celui des racines ; cela tient à ce que les rayons médullaires sont un peu moins nombreux et les bandes tangentielles de cellules parenchymateuses moins considérables dans la tige que dans la racine (fig. 21 et 24).

Dans toutes les cellules parenchymateuses on trouve beaucoup d'amidon et elles communiquent entre elles par des ponctuations simples. Les fibres sont très épaissies, de sorte que les ponctuations ne sont pas bien visibles.

Les canaux sécréteurs sont nombreux dans l'écorce, le liber et la moelle de la tige, le bois par contre en est complètement exempt. Ils ne s'anastomosent point latéralement, mais forment des séries longitudinales.

Puisqu'il ne s'agit ici que de la plantule, je n'ai pas examiné si plus tard des anastomoses entre les canaux médullaires et ceux du liber et de l'écorce à travers le bois se réalisent, comme le veut Trécul. Tschirch (1) qui a décrit les canaux laticifères de *G. Morella* et *G. Mangostana* ne parle pas d'anastomoses non plus.

*d) L'anatomie des feuilles.* — L'anatomie des deux premières feuilles écailleuses ne présente rien de particulier. A leur base où elles enveloppent plus ou moins la tige, leur section montre la forme semilunaire avec les bords un peu retroussés ; vers le haut elles deviennent plus étroites et plus minces (fig. 25 et pl. 5, fig. III).

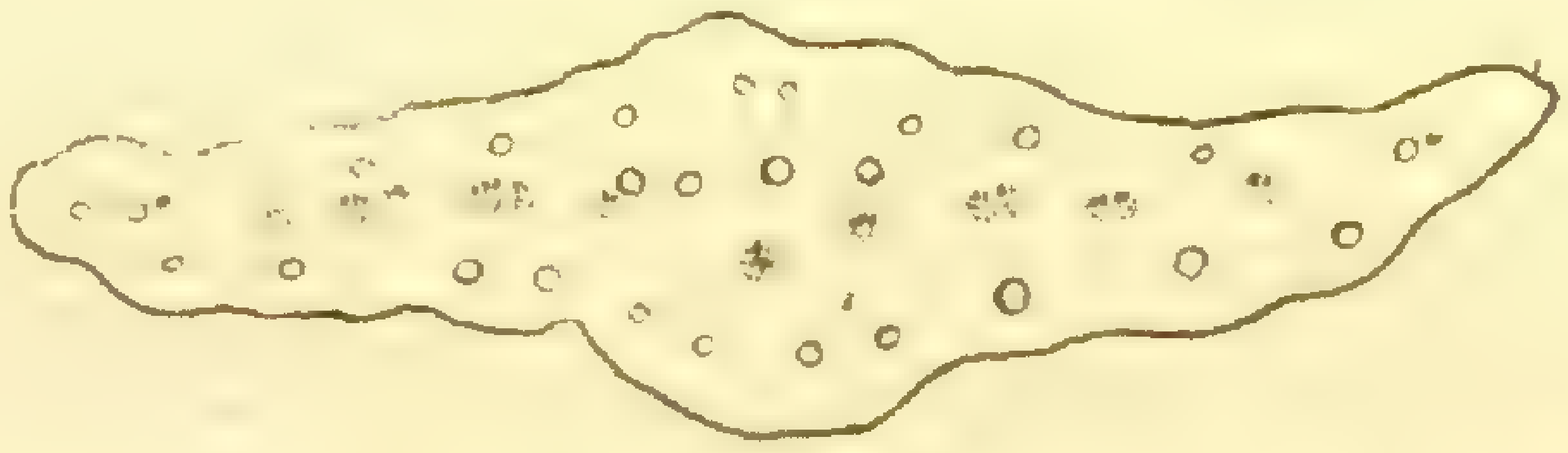


Fig. 25. — Schéma d'une section transversale dans une feuille écailleuse (gr. 18).

L'épiderme est identiquement développé sur les deux faces, les péricl nes extérieures sont un peu plus cutinisées sur la face extérieure (inférieure). Les stomates sont irrégulièrement distribués sur les deux faces. En moyenne, il y a environ 3 à 4 stomates par mm². Ils ont une longueur de 35 μ et une largeur de 18 μ.

L'anthocyanine est mieux développée à la face extérieure, soit dans l'épiderme, soit dans la couche sous-épidermique. Le mésophylle présente des deux côtés à peu près la même structure. On ne rencontre pas dans l'écaille de tissu palissadique proprement dit.

Les canaux sécréteurs se trouvent dans la troisième ou quatrième couche au-dessous de l'épiderme, soit à la face supérieure (intérieure), soit à la face inférieure (extérieure). A ce dernier endroit ils sont un peu plus grands (diamètre environ 50 μ), parce qu'ils y sont formés en premier lieu. Dans la région de la nervure moyenne il y a sur la face supérieure encore quelques canaux à une profondeur plus grande, mais le nombre est à peu près le même des deux côtés.

---

(1) A. Tschirch. Angewandte Pflanzenanatomie, p. 497 (1889).

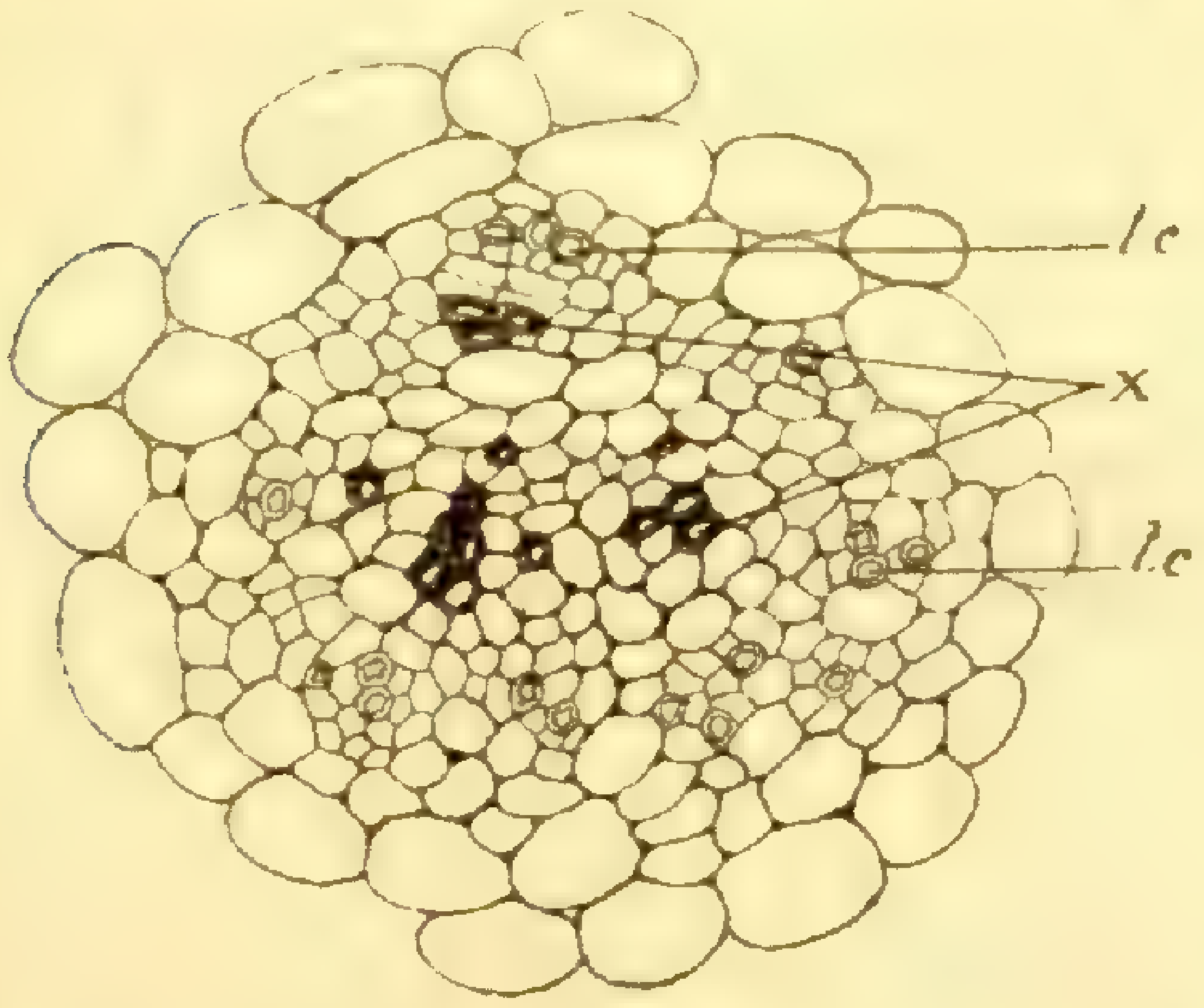


Fig. 26. — Section transversale de la nervure principale d'une feuille écailleuse : *t. c.*, tube criblé ; *x.*, xylème (gr. 290).

Il y a plusieurs faisceaux fibro-vasculaires qui entrent dans l'écaille. Celui du milieu est circulaire avec les éléments ligneux tournés en dedans (fig. 26). Ces faisceaux se divisent encore dans l'écaille en plusieurs petits groupes se composant de quelques hydrocytes (trachées) et de tubes criblés.

Comme cela a été dit plus haut, les écailles protègent la première paire de feuilles normales à l'état rudimentaire. La seconde paire naît abritée dans la base des pétioles de la première paire. Les pétioles présentent à cet endroit une légère excavation où il y a place pour les mamelons foliaires (pl. 7, fig. 1). La base de ceux-ci est entourée par une trentaine de petites écailles fines (fig. 27 et 28), une

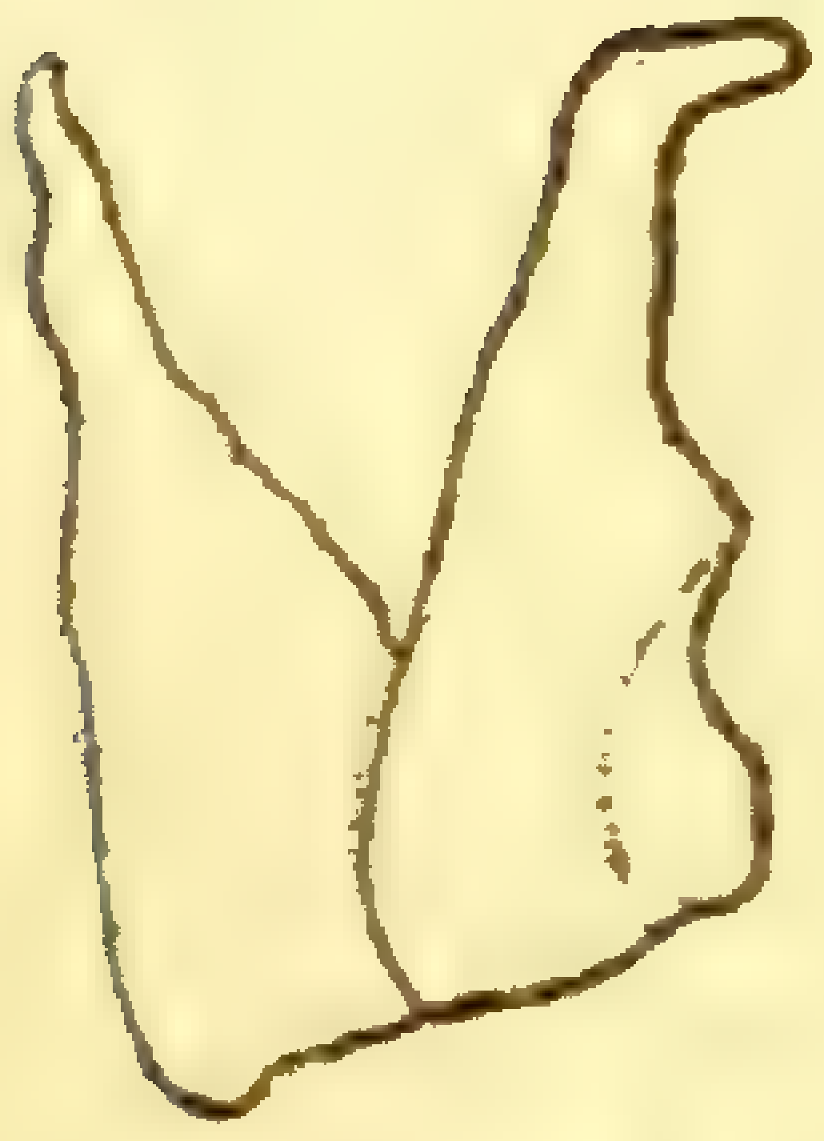


Fig. 27. — Poils pluricellulaires qui entourent les primordia des feuilles entre les bases des pétioles (gr. 42).

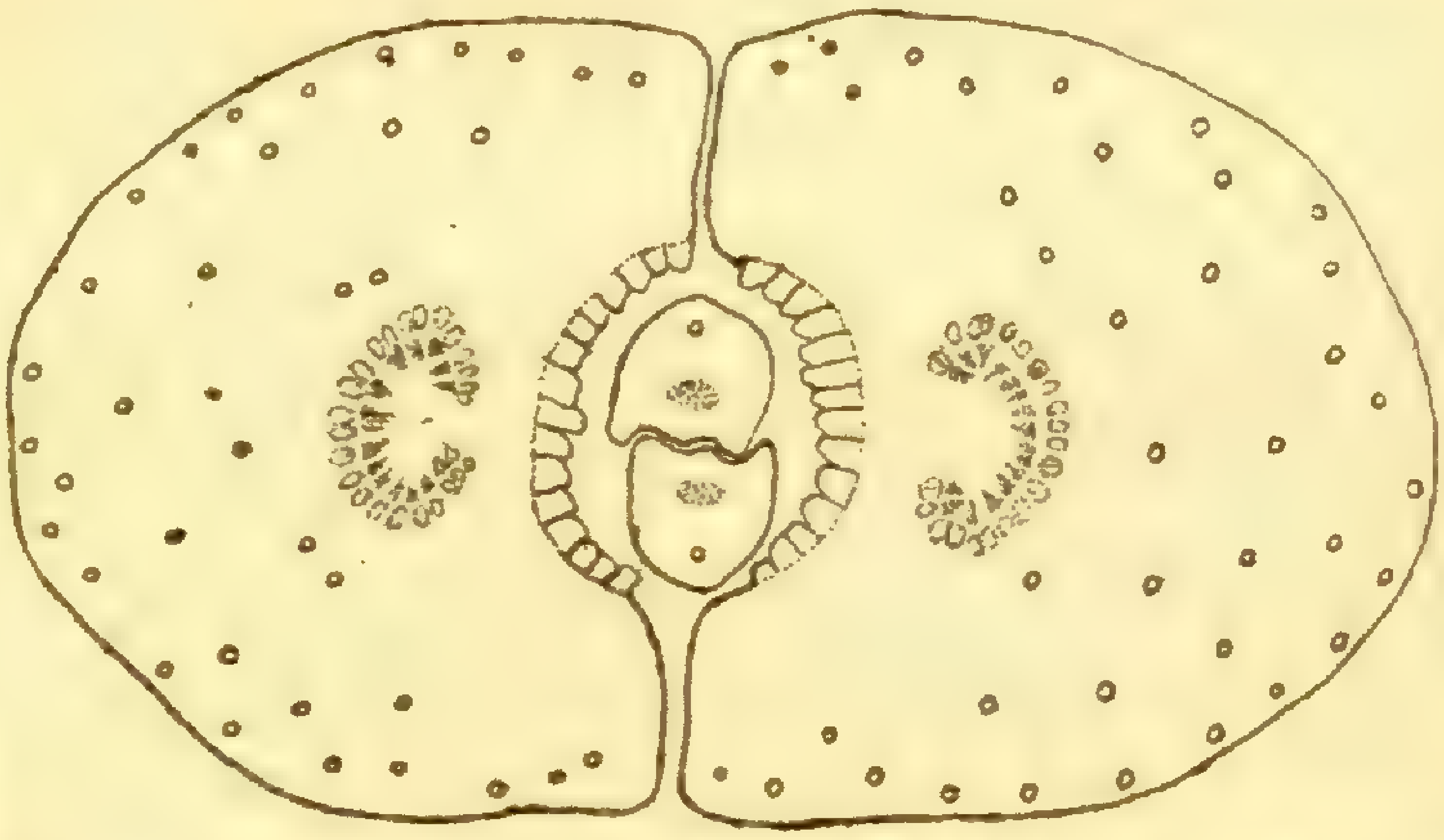


Fig. 28. — Section transversale à la base des pétioles montrant l'excavation dans laquelle se trouvent les primordia de la jeune paire de feuilles et les poils pluricellulaires (gr. 18).

sorte de poils pluricellulaires qui n'ont toutefois pas l'air d'être des collétères, c'est-à-dire des poils sécréteurs de résine ou de gomme comme cela arrive dans les bourgeons d'autres végétaux (1). Les plantes tropicales n'ayant pas besoin de protéger les bourgeons par des écailles contre la rigueur d'une saison froide, possèdent quelquefois un système de collétères, nom donné par Hanstein, qui protègent efficacement les initiales des feuilles, des fleurs et le point végétatif contre la dessiccation ou contre certains petits ennemis ou qui, en gonflant simplement leurs cellules, font écarter les organes qui protègent le point végétatif et favorisent ainsi le développement des *primordia*. C'est ce que j'ai observé, par exemple, chez *Carica Papaya* où les collétères se trouvent les unes entre les jeunes feuilles

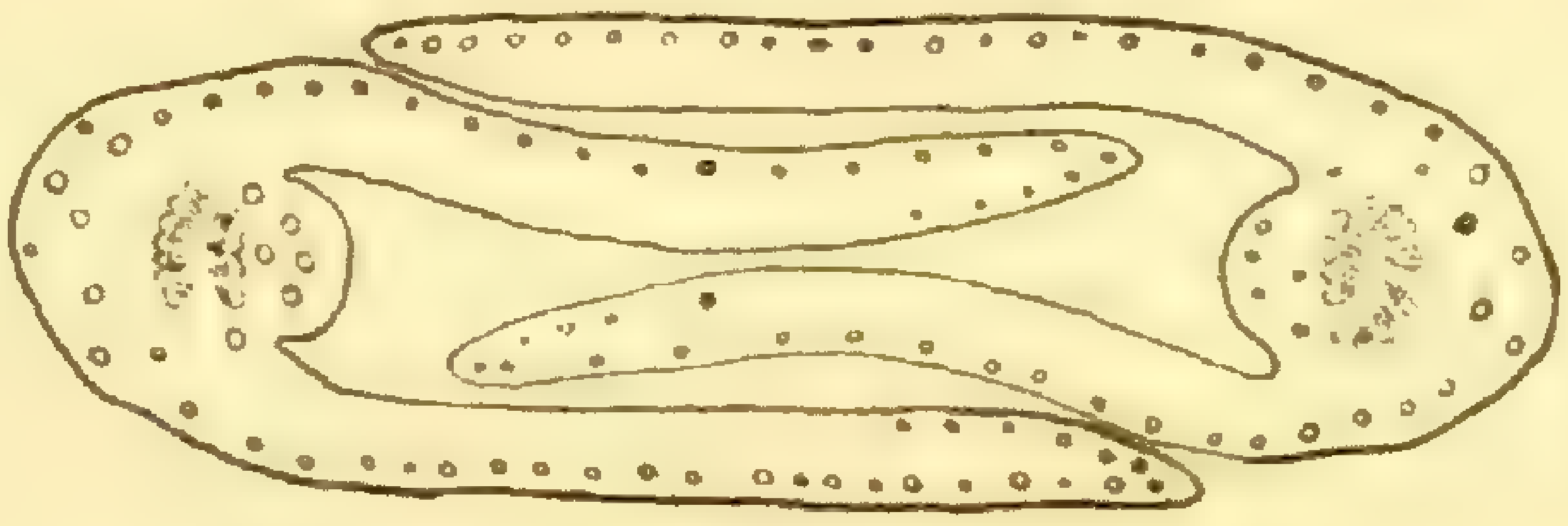


Fig. 29. — Section transversale dans le bourgeon montrant la vernation (gr. 18).

et les autres formant collerette autour du limbe au sommet du pétiole. Chez *Garcinia* il n'y a point de poils sur les mamelons foliaires, sauf à la base du phyllopode du côté ventral (pl. 7, fig. 2). Si ces trichomes qui entourent le bourgeon foliaire ne sécrètent ni gommes, ni résines, on pourrait supposer qu'ils servent au moins comme tissu de dilatation, mais mes observations à ce sujet ne sont pas concluantes. C'est surtout les canaux sécréteurs qui aident à augmenter la turgescence ; ils arrivent dans le voisinage immédiat du point végétatif et passent de très bonne heure dans les *primordia*.

Le développement de la feuille est pleuroplaste. Sur le phyllopode apparaissent de très bonne heure deux bourrelets latéraux : les deux moitiés du limbe (pl. 7, fig. 2). Dans les mamelons d'un demi-millimètre de long, un canal sécréteur dorsal au moins est visible (fig. 28), dans ceux d'un millimètre on en rencontre déjà plusieurs.

La préfoliation est condupliquée, semi-équitante (fig. 29), c'est-à-dire chaque feuille est pliée en deux et ne recouvre qu'à moitié la feuille opposée. Cette dernière figure montre en outre que les canaux sécréteurs naissent sur le côté extérieur (inférieur) beaucoup plus tôt que sur le côté intérieur (supérieur), et ils sont disposés dans le sens de la longueur de la feuille.

---

(1) J. **Hanstein**. Ueber die Organe der Harz-und Schleim-Absonderung in den Laubknospen. (*Bot. Ztg.*, T. 26, pp. 695-713, 721-736, 745-761, 769-787. 1868).

Les assises cellulaires qui constituent l'épaisseur de la feuille sont assez vite au complet ; le fait que la feuille augmente en épaisseur dès cet instant est dû à un agrandissement des cellules déjà existantes.

Chez la feuille adulte de *Garcinia*, le pétiole n'atteint guère plus de deux millimètres de longueur, et puisque les bases des deux pétioles opposés se trouvent accolées, les feuilles ont l'air d'être sessiles. Les faisceaux libéroligneux qui entrent dans le pétiole sont réunis en un seul groupe en forme de croissant ouvert vers le haut et dont les bords s'infléchissent sans se souder, de sorte que le bois est tourné en dedans et le liber en dehors. Avec les nervures il y a de nombreux canaux sécréteurs qui entrent dans la feuille, leur nombre varie de 30 à 40. Ceux qui sont situés dans le parenchyme périphérique n'ont guère un plus grand diamètre que les cellules environnantes. Dans ces dernières on rencontre de nombreux cristaux d'oxalate de chaux.

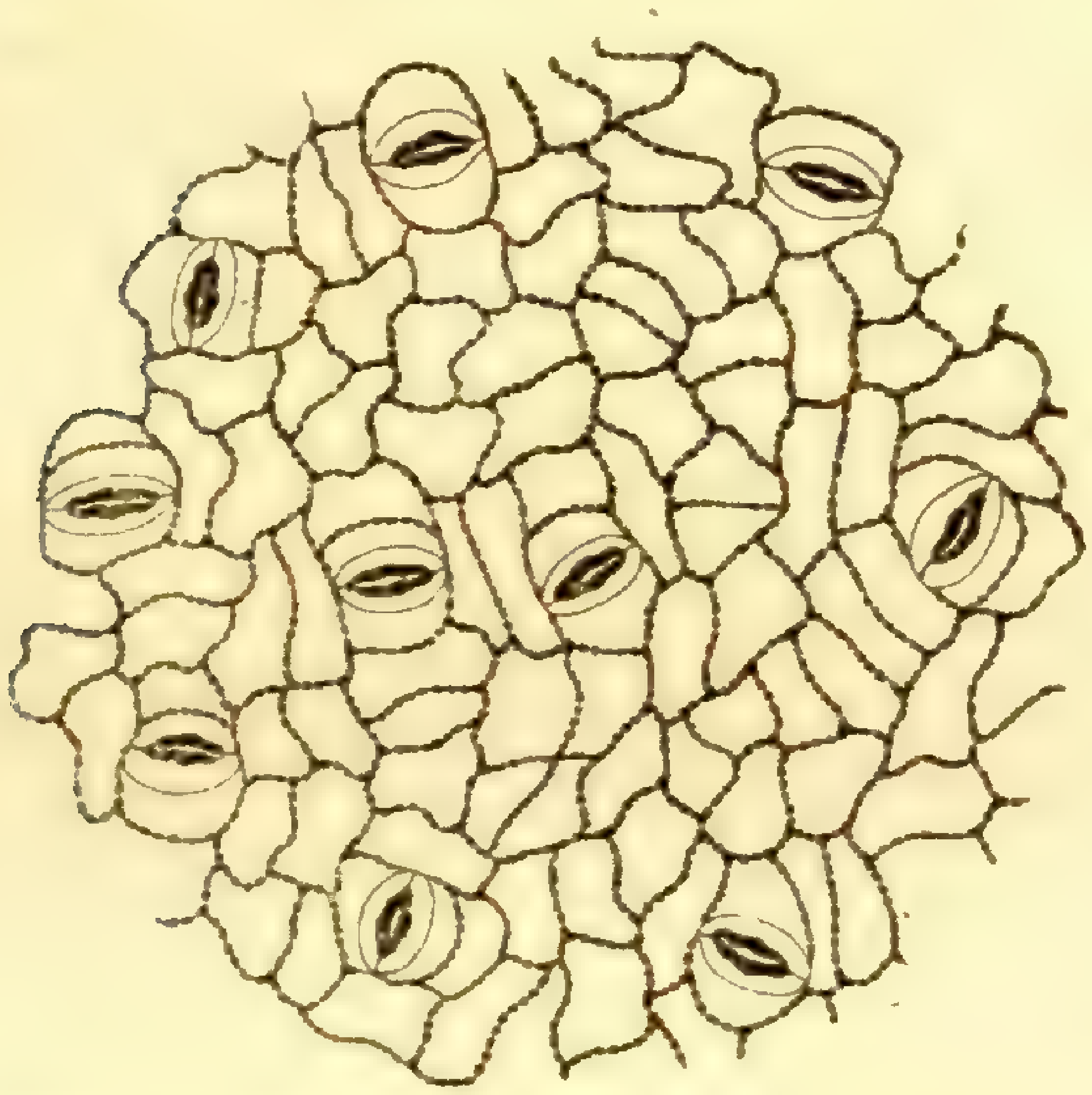


**Fig. 30. — Épiderme inférieur de la feuille ; 70 à 80 stomates par mm² (gr. 200).**

L'épiderme des deux faces du limbe est constitué par des cellules à contour plus ou moins sinueux et à membranes épaissies munies de ponctuations sur les anticlines. Les périclines extérieures sont fortement cutinisées. Il n'y a pas trace de poils. Les stomates se trouvent nombreux à la face inférieure (70 à 80 p. mm²) (fig. 30), à la face supérieure ils sont moins fréquents (10 à 20 p. mm.²). Ces appareils sont un peu plus petits sur la feuille que sur l'écaille, (longueur ca 30 μ, largeur environ 15 μ). Ils sont orientés dans toutes les directions. La formation de la cellule-mère du stomate est précédée par une division qui donne naissance aux cellules annexes. Nous avons donc seulement deux cellules annexes entourant de part et d'autre les cellules de bordure ; celles-ci sont du type *Gladiolus-Helleborus* (1). Dans l'épiderme au-dessus des canaux sécréteurs il ne se trouve pas de stomates.

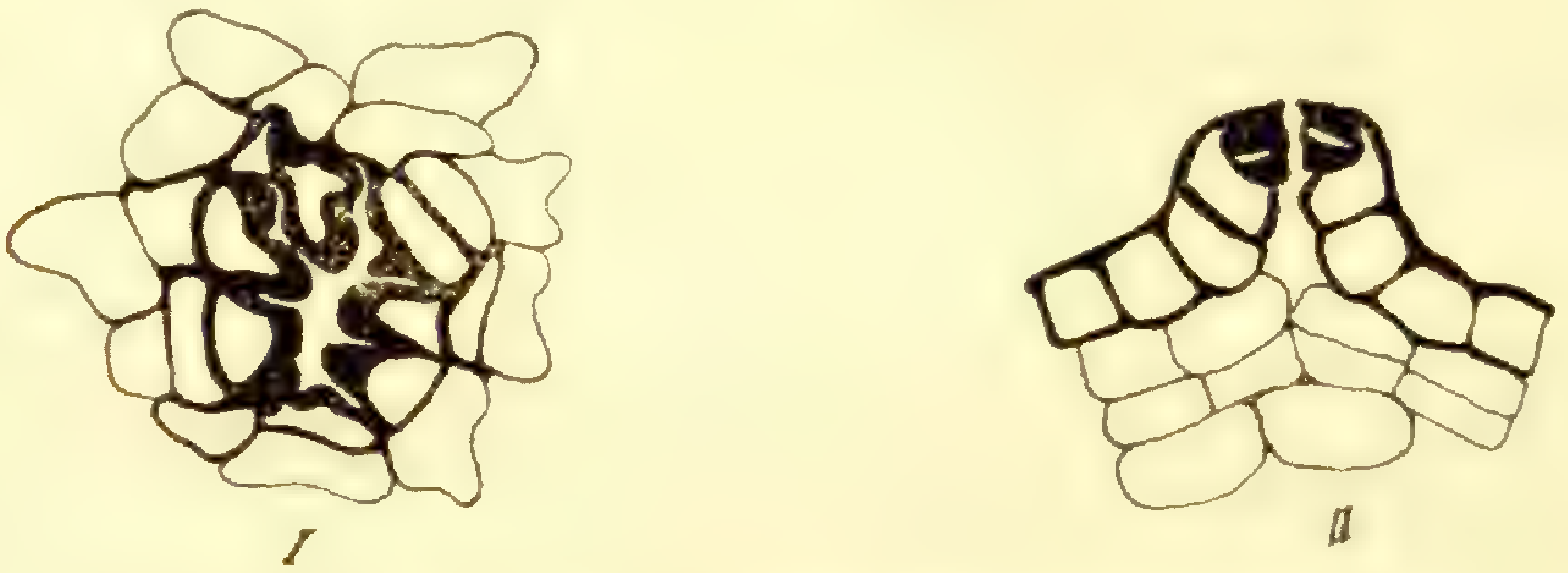


Fig. 31. — Appareils stomatifères et cellules annexes cutinisées, *I*, vu de face ; *II*, section transversale (gr. 290).

On voit par-ci par-là des stomates d'une forme particulière. Les cellules de bordure ainsi que les cellules annexes se cutinisent (fig. 31, I et II). Les cellules voisines dans l'épiderme et dans la couche sous-épidermique se divisent et se cutinisent aussi dans la suite, de sorte que nous avons une sorte de lenticelle sur la feuille.

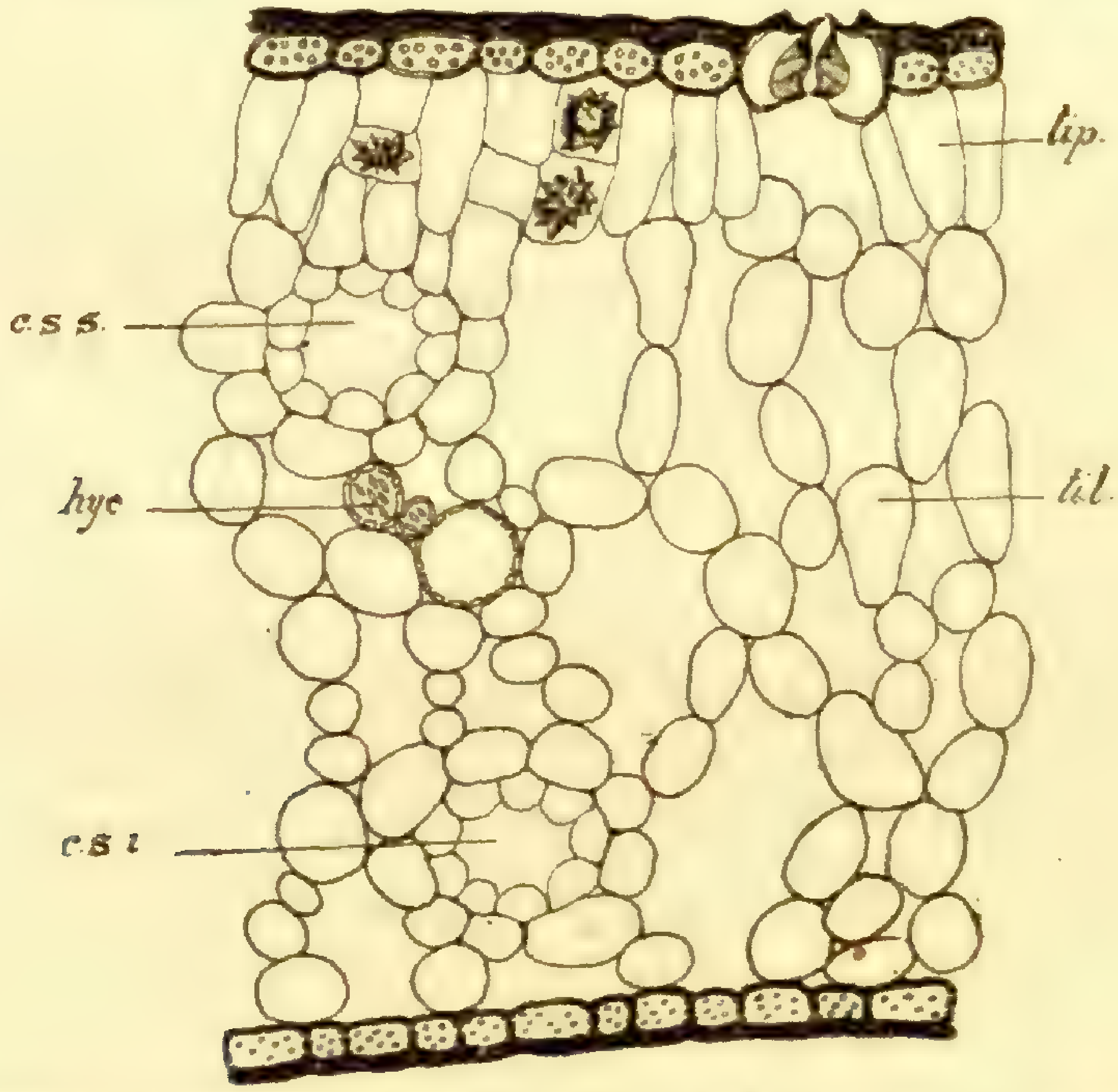


Fig. 32. — Section transversale dans une feuille adulte ; *ti. p.*, tissu palissadique ; *ti. l.*, tissu lacuneux ; *hyc,*, hydrocytes ; *c. s. s.*, canal sécréteur supérieur ; *c. s. i.*, canal sécréteur inférieur (gr. 290).

---

(1) R. Chodat. Principes de botanique, p. 290 (Genève, 1907).

On peut rencontrer de ces formations anormales qui ne paraissent pas avoir pris naissance dans un stomate, mais dans une cellule épidermique quelconque. Nous avons sans doute devant nous le même phénomène que Bachmann (1) a décrit comme liège sur des feuilles. Parmi les plantes que cet auteur a étudiées à ce sujet se trouve *Xanthochymus pictorius*. La raison d'être de ces foyers cutinisés paraît peu claire.

Le mésophylle est constitué par un tissu palissadique à cellules peu allongées contenant beaucoup de grains de chlorophylle. Elles sont fréquemment cloisonnées et contiennent alors des oursins d'oxalate de chaux (fig. 32). Entre le tissu palissadique et l'épiderme inférieur, nous avons un tissu lacuneux dont les cellules possèdent également de la chlorophylle. Nous trouvons deux systèmes de canaux sécréteurs dans le mésophylle, celui dont les canaux cheminent immédiatement sous le tissu palissadique et l'autre, où ils cheminent sous l'épiderme inférieur. La figure 3, pl. 7 représente le système supérieur. Les canaux partent de la région médiane sous un angle d'environ 60°, se dirigeant, en se bifurquant fréquemment, vers la périphérie. Ceux qui ne se terminent pas dans la région marginale s'incurvent et se dirigent parallèlement au bord de la feuille.

A la face inférieure les canaux sont beaucoup moins nombreux. Ils partent de la région médiane sous un angle de 15° environ (fig. 4, pl. 7).

Depuis que la feuille a atteint un demi-millimètre de largeur, le nombre des canaux sécréteurs à la face inférieure ne paraît pas augmenter beaucoup jusqu'à l'âge adulte. A la face supérieure leur formation est considérablement retardée, et c'est probablement la différence dans l'époque de leur formation qui cause la divergence de leur direction dans l'organe assimilateur.

Les canaux sécréteurs se bifurquent assez fréquemment dans la feuille. Vesque (2) avait remarqué chez plusieurs *Garcinia* le passage des canaux sécréteurs aux poches sécrétrices, et ses observations s'appliquent à *G. Mangostana*, car parfois les canaux atteignent à peine une longueur de quelques millimètres : ils méritent alors plutôt le nom de poches.

---

(1) R. Bachmann. Korkwucherungen auf Blättern. Pringsheims'Jahrb. f. wissensch. Botanik, T. 12, pp. 191-236 (1879-1881).

(2) J. Vesque. La tribu des Clusiées. *Journ. de bot.*, T. 6, pp. 81-91 (1892).

Avec les nervures qui se trouvent entre les deux systèmes de canaux sécréteurs à égale distance des deux épidermes, les canaux forment un enchevêtrement de lignes assez caractéristique pour la jeune plante de *G. Mangostana*. En rendant la feuille transparente par des procédés appropriés on peut toutefois réussir à photographier les trois différents plans.

Une nervure de troisième ordre est représentée par la figure 33. Les éléments libéro-ligneux comprenant des tubes criblés avec leurs cellules annexes et quelques hydrocytes sont entourés d'une gaîne de scléréides à fines ponctuations. Dans les nervures secondaires il y a des éléments scléreux même entre le bois et le liber. Puisque ces gaînes entravent sans doute l'afflux des substances assimilées aux éléments conducteurs, les échanges doivent surtout avoir lieu par les nervures plus fines qui n'ont plus de gaine scléreuse. La circulation se fait probablement aussi par les canaux sécréteurs.

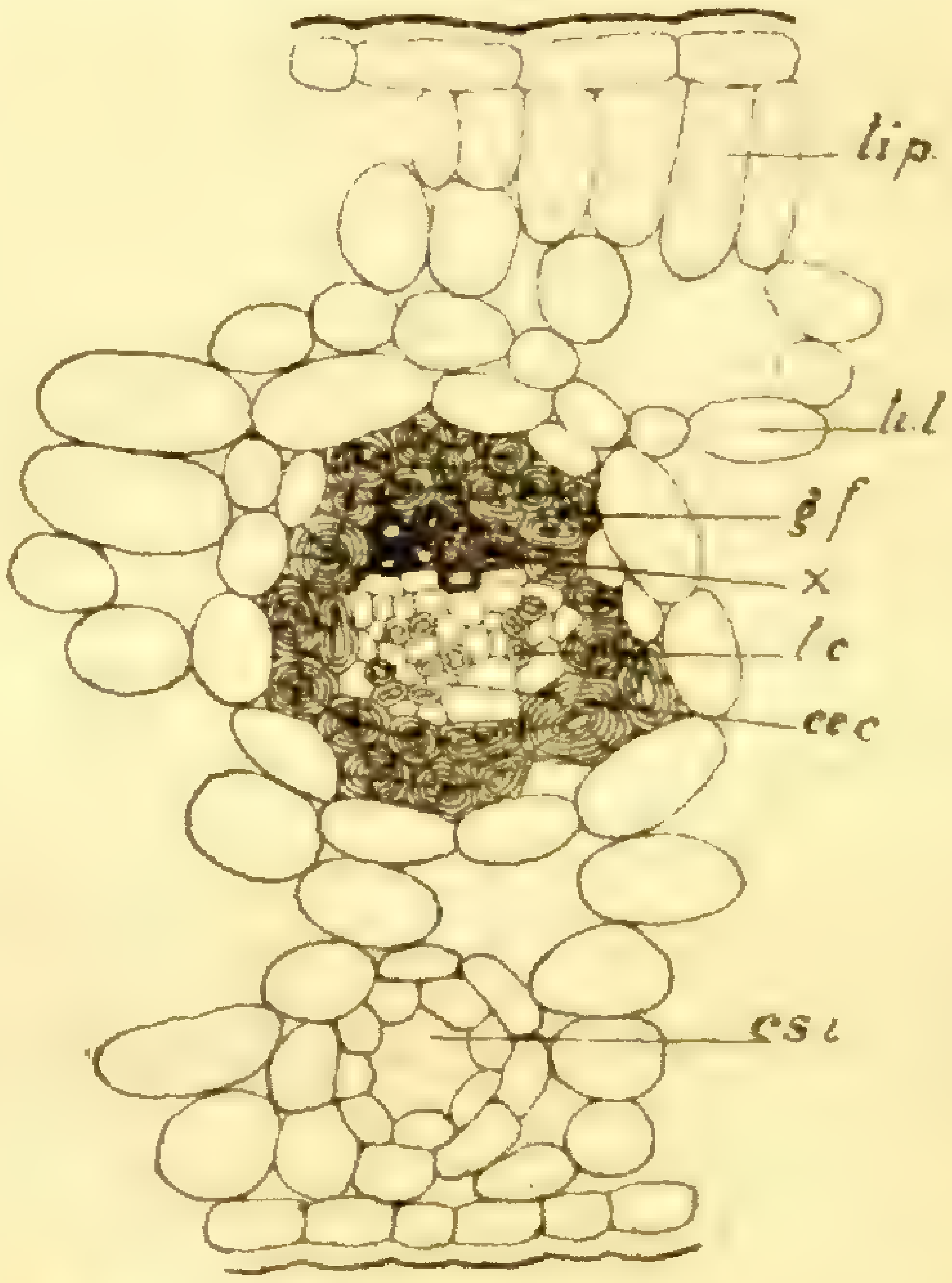


Fig. 33. — Seconde feuille d'une plantule montrant les canaux secréteurs à la face inférieure.

Les tubes criblés se distinguent également dans les feuilles par des parois constituées d'hydrocellulose se colorant par le chlorure de zinc iodé, de suite en bleu foncé, par le réactif genevois basique en beau rouge carmin et par le même colorant acide en bleu intense.

## IV. CONCLUSION.

La pulpe blanche chez *Garcinia Mangostana* est d'origine endocarpique. L'endocarpe se détache du mésocarpe au cours du développement du fruit et se soude au tégument.

Les deux téguments se réunissent de très bonne heure.

La semence est un hypocotyle-tubercule ; il ne présente aucune trace ni de radicule, ni de tigelle, ni de cotylédons. Il peut naître adventivement dans l'épithélium du tégument intérieur. Le nombre des embryons dans un tégument n'est pas limité à un, on peut rencontrer des tubercules composés de deux ou trois germes.

Il y a une grande diversité dans l'orientation intérieure des tubercules.

L'embryon n'est pas seulement nourri de substances amenées par le faisceau funiculaire, mais la pulpe se soudant au tégument contribue certainement aussi à sa nutrition.

L'hypocotyle-tubercule est capable d'un certain développement pendant la germination ; il s'y forme des canaux sécréteurs, un endoderme, des éléments libéro-ligneux et finalement des cellules subéreuses isolant les éléments conducteurs.

Des fragments d'hypocotyle convenablement choisis peuvent régénérer la plante.

L'anthocyanine disparait des tiges et des feuilles des plantules si l'on coupe le tubercule avec ses substances de réserve.

La première racine primaire est vouée à la disparition, et c'est la racine adventive sortant de la base de la tigelle qui devient racine principale.

Le système sécréteur est absent de la structure primaire de la racine, mais apparait avec le cambium dans le liber seulement.

La couche sous-épidermique se subérifie dans l'écorce primaire de la racine, mais contient des cellules de passage. La troisième assise devient phellogène dans la suite.

Le bois de la racine secondaire contient des zones de fibres qui alternent avec des bandes de parenchyme ligneux ; les deux sont traversés par de nombreux rayons médullaires.

Dans la tige primaire le système sécréteur est présent dans l'écorce et la moelle, la structure secondaire le montre aussi dans le liber.

Les canaux ou poches sécrétrices naissent partout par écartement de cellules.

Le bois secondaire de la tige est plus compact que celui de la racine, mais contient, quant au reste, les mêmes éléments.

Le point végétatif de la tige et les *primordia* des feuilles sont protégés par la base des pétioles. Les jeunes feuilles restent pendant un certain temps enfermées dans une excavation des pétioles et y sont en outre entourées d'un manteau de poils pluricellulaires.

Le développement de la feuille est pleuroplaste, et la vernation est condupliquée, semi-équitante.

Il y a 70 — 80 stomates par mm.$^2$ à la face inférieure et 10 — 20 par mm$^2$ à la face supérieure.

Un double système de canaux sécréteurs parcourt la feuille : le premier à la face inférieure, développé déjà dans les *primordia*, formant avec la nervure médiane un angle de 15° environ, et le second, beaucoup plus considérable qui se développe plus tard sous les cellules palissadiques. Ce dernier se trouve avec la nervure principale à un angle de 60°.

*Ce travail, commencé à Java, a été poursuivi à l'Institut d'Anatomie et Physiologie végétale de l'Ecole Polytechnique suisse (Professeur* P. JACCARD)

Zurich, juillet 1918.

# EXPLICATION DES PLANCHES

## Planche 5

I. — Plantule d'un mois ; l'hypocotyle-tubercule a le cylindre central orienté dans le sens de la longueur (gross. 1, 3).

II. — Plantule d'un mois environ ; l'hypocotyle-tubercule a l'axe orienté dans le sens de l'épaisseur (gross. 1, 2).

III. — Sommet de la tigelle avec deux feuilles écailleuses opposées et les deux premières feuilles normales encore enroulées (gross. 8).

IV. — Plantule de trois mois environ ; la première racine primaire avec radicelles, la racine adventive dépourvue de radicelles et de poils absorbants (gross. 0, 6).

V. — Plantule montrant entre la tige et la racine principale un premier entrenœud de l'axe ; il y a ainsi trois racines primaires (gr. nat.).

VI. — Deux plantules de deux mois sortant d'un tubercule double (gross. 1, 3).

VII. — Plantule montrant une tigelle régénérée ; la première tigelle avait été enlevée avec la moitié de l'hypocotyle-tubercule (gross. 0, 6).

## Planche 6

I. — Section transversale de la partie basale des deux ovules non avortés de la figure 5 ; *c. s.*, canal sécréteur ; *t. i.*, tégument interne ; *t. e.*, tégument externe; *f. t.*, faisceau libéro-ligneux du tégument ; *e. ad.*, embryon adventif ; *endc.*, endocarpe ; *ce. suc* , future grande cellule à suc ; *f. c.*, faisceau libéro-ligneux à la limite des carpelles ; *a*, ligne de démarcation entre les carpelles, là où se fera la disjonction des quartiers pulpeux ; *b*, ligne de démarcation entre la pulpe blanche et le mésocarpe (gross. 19, 5).

II. — Section longitudinale d'une loge ovarienne montrant l'ovule anatrope dressé à raphé ventral et sans funicule (gross. 66).

## Planche 7

1. — Sommet de la tige, la base d'un des pétioles a été enlevée pour laisser voir les primordia des feuilles et les poils écailleux qui les entourent (gross. 8).

2. — Primordia des feuilles, poils pluricellulaires sur le phyllopode du côté intérieur (gross. 20).

3. — Plantule ; seconde feuille, face supérieure (gross. 1, 6).

4. — Plantule ; seconde feuille, face inférieure (gross. 1, 6).

# OBSERVATIONS VITALES SUR LE CHONDRIOME DES VÉGÉTAUX ET RECHERCHES SUR L'ORIGINE DES CHROMOPLASTIDES ET LE MODE DE FORMATION DES PIGMENTS XANTHOPHYLLIENS & CAROTINIENS

## CONTRIBUTION A L'ÉTUDE PHYSIOLOGIQUE DE LA CELLULE

par M. A. GUILLIERMOND

*(fin)*

En général, dans les cellules jeunes, ce sont les mitochondries granuleuses et les courts bâtonnets qui prédominent ; les chondriocontes sont rares ou souvent font complètement défaut. Dans les cellules âgées, les chondriocontes allongés deviennent beaucoup plus nombreux et peuvent occuper une place prépondérante : on trouve tous les intermédiaires entre les courts bâtonnets et les chondriocontes allongés ; d'abord courts, ces éléments s'allongent peu à peu et finissent parfois par se ramifier.

Le chondriome est toujours extrêmement riche dans les cellules très jeunes ; il peut l'être aussi dans les cellules ayant achevé leur croissance, mais il y a des cas où il est proportionnellement beaucoup moins abondant que dans les cellules jeunes.

Quoi qu'il en soit, les mitochondries granuleuses que l'on rencontre à l'exclusion des chondriocontes, dans les cellules très jeunes et encore très petites, doivent forcément augmenter de nombre au cours de la croissance des cellules, qui peuvent accroître jusqu'à environ dix fois leur volume, car, même dans le cas où le chondriome n'est pas très abondant dans la cellule adulte, ces éléments sont toujours plus nombreux que dans les cellules jeunes. Cette augmentation de nombre s'effectue toujours par division et les mitochondries des stades jeunes offrent très fréquemment des formes en biscuits, en haltères ou en diplocoques, qui représentent des figures de partage semblables à celles qui ont été décrites dans la cellule animale par Fauré-Frémiet (fig. 18).

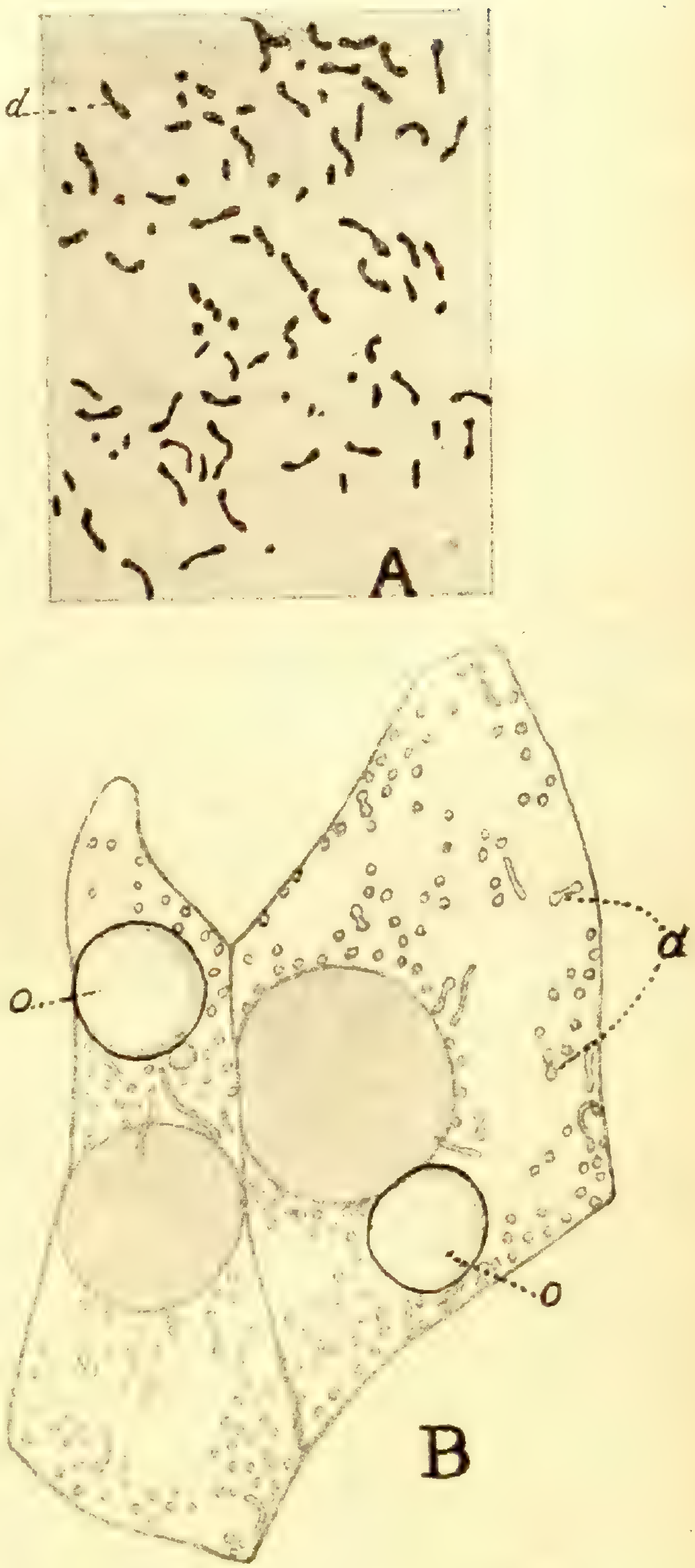


Fig. 18. — Division des mitochondries granuleuses observée sur le vivant.

*A)* Dans *Spirostomum ambiguum* (d'après Fauré-Fremiet).

*B)* Dans l'épiderme d'une jeune fleur de *Tulipa suaveolens* (variété blanche). *o*, gros corpuscule oléagineux ; *d*, mitochondries en voie de division.

Nos observations confirment donc l'opinion de Dubreuil qui admet que c'est en général sous forme de mitochondries granuleuses que les mitochondries se divisent et elles nous amènent à considérer cette forme comme un stade juvénile de l'évolution des mitochondries. Les chondriocontes, qui augmentent de nombre et de longueur au fur et à mesure que la cellule se développe, paraissent résulter de la croissance dans une seule direction des mitochondries granuleuses : celles-ci s'allongent d'abord en bâtonnets courts, puis en filaments allongés, parfois susceptibles de se ramifier latéralement. Il ressort clairement de nos observations que le chondrioconte ne provient pas de la fusion des mitochondries granuleuses comme certains auteurs (1) l'ont admis, mais doit être considéré comme une forme de croissance de la mitochondrie granuleuse.

Aucun fait ne nous a permis de constater que les chondriocontes sont susceptibles de se diviser et de contribuer à la multiplication du chondriome. Le partage longitudinal des chondriocontes observé par certains auteurs (Lewitsky, Luna, Voïnow) nous semble attribuable à une altération des chondriocontes sous l'influence des fixateurs : nous verrons plus loin que les chondriocontes, sous l'influence des liquides hypotoniques, se gonflent et se transforment en vésicules à contenu aqueux. Il arrive que ces vésicules éclatent par suite de la pression du liquide intérieur et donnent des figures qui ressemblent tout à fait à celles qui ont été attribuées à un partage longitudinal des chondriocontes (fig. 19).

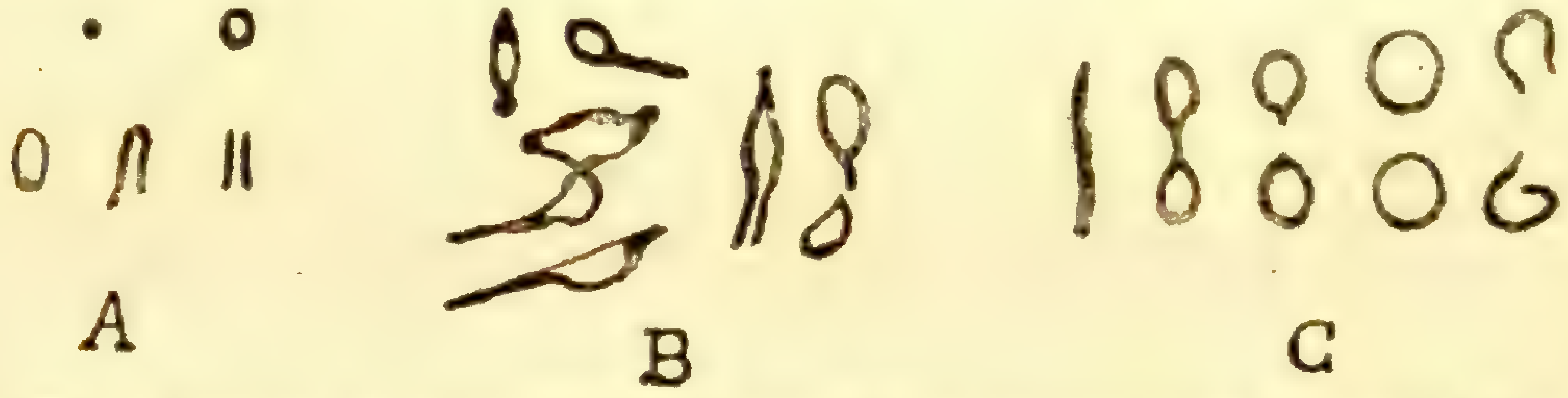


Fig. 19. — Figures de mitochondries interprêtées comme des stades de divisions longitudinales et représentant selon nous de simples altérations dues aux fixateurs.

*A)* Figures interprêtées par Luna comme résultant d'une division longitudinale d'une mitochondrie granuleuse, dans les larves de Batraciens.

*B)* Figures interprêtées comme des phases de division longitudinale de chondriocontes dans les cellules d'Asperge, par Lewitsky.

*C)* Figures semblables observées par nous sur le vivant dans l'épiderme d'un pétale de Tulipe et résultant de l'action d'une solution hypotonique.

---

(1) Alvarado parait admettre que les chondriocontes allongés que l'on rencontre dans le méristème des racines résultent de la soudure de mitochondries granuleuses ou de courts bâtonnets qui se réunissent en chaînes (chondriocontes). Nos recherches vitales ne permettent pas de vérifier cette hypothèse résultant de l'observation de cellules par une unique méthode qui, si elle donne de bonnes différenciations du chondriome, ne nous parait point supérieure aux autres méthodes mitochondriales.

En dehors du chondriome, nous avons observé dans le cytoplasme, presque constamment, de petits granules brillants, solubles dans les solvants des graisses, réduisant l'acide osmique, et qui paraissent être de nature graisseuse ou lipoïde. Ces éléments sont en plus ou moins grand nombre, selon les cellules et leur stade de développement. Ils ont à peu près la même forme que les mitochondries granuleuses, mais s'en distinguent facilement par leurs dimensions un peu plus petites et leur réfringence beaucoup plus accusée. Ces globules ont été observés déjà dans la cellule végétale par divers auteurs, entre autres par Maximow. Dangeard les a décrits sous le nom de microsomes. Il semble que ces globules soient également représentés dans le cytoplasme de la cellule animale comme il paraît résulter des recherches de Fauré-Fremiet, Maximow et divers autres auteurs. Il n'a pas été possible de préciser l'origine de ces corps qui ne semblent pas avoir de relation avec le chondriome. Il est possible qu'ils appartiennent à la constitution du cytoplasme qui, d'après les recherches de Mayer et Schœffer, renfermerait une forte proportion de substances lipoïdes.

Le noyau s'observe très distinctemeut dans toutes les cellules que nous avons examinées et montre partout la même structure : un ou plusieurs nucléoles très apparents, et un contenu d'aspect finement granuleux, qui semble correspondre à un réseau chromatique très serré. Dès les stades les plus jeunes du développement des cellules, le noyau est énorme et occupe une grande partie du volume de la cellule. Au cours de la croissance des cellules, son développement ne suit pas celui de la cellule et le noyau ne semble pas beaucoup grossir, de telle sorte que dans les cellules adultes, il paraît assez petit par rapport à la cellule volumineuse. Dans les stades les plus jeunes, il est fréquent de rencontrer des figures de karyokinèse dont on peut suivre assez facilement certaines phases.

La membrane cellulosique est plus ou moins épaisse selon le cas et présente sur ses faces internes et latérales une série de parties amincies, étroites, assez régulièrement espacées par des parties plus épaisses et plus larges : elle offre donc des ponctuations qui facilitent les échanges intercellulaires. La face externe est pourvue d'une cuticule dont l'aspect varie beaucoup selon les cellules.

### b) Caractères physiologiques du chondriome et du cytoplasme.

#### 1) Mouvements des mitochondries

Comme cela est connu depuis fort longtemps, le cytoplasme est le siège de courants circulatoires plus ou moins rapides selon les conditions physico-chimiques. Bien que certains auteurs, tels que Mlle Ida Keller, aient nié l'existence normale de ces courants et les attribuent à un phénomène pathologique précédant la mort, il est universellement admis que le cytoplasme est sans cesse en mouvement. Certaines cellules adultes, telles que les cellules épidermiques des bractées et des feuilles d'*Iris germanica* nous ont permis d'observer, avec une grande facilité, ces mouvements dont l'intensité varie beaucoup suivant des conditions encore mal déterminées. Comme l'a montré Janse, ces courants sont très lents dans la zone pariétale et se manifestent surtout dans les trabécules qui relient le noyau au cytoplasme pariétal. Ils se produisent dans des sens contraires ; certaines trabécules sont le siège de mouvements allant de droite à gauche, d'autres de gauche à droite. Ces mouvements se manifestent par le déplacement des mitochondries et de gouttelettes graisseuses, ainsi que par des ondulations continuelles du bord des trabécules. Quand le mouvement est faible, les mitochondries granuleuses et les courts bâtonnets se déplacent difficilement et se bornent à des oscillations. Les gouttelettes graisseuses sont au contraire déplacées beaucoup plus vite. Si le mouvement est intense, il entraîne avec lui les chondriocontes allongés. En se déplaçant, ces éléments sont susceptibles de prendre les formes les plus diverses, qui montrent qu'ils ont une extrême flexibilité et qu'ils paraissent constitués par une substance très plastique. Ils passent de la forme de bâtonnets rectilignes aux formes de V, de L et de S et contournent lentement, en se déformant et en serpentant, les obstacles qui peuvent se présenter sur leur trajet. Ils peuvent même s'arrêter en chemin pour reprendre leur trajet au bout d'un certain temps. Les courants sont d'ailleurs susceptibles de s'arrêter brusquement ou de changer de direction.

Les divers éléments du chondriome semblent rester assez constants dans leur forme pendant toute la durée de l'observation vitale si celle-ci est faite dans des conditions qui ne troublent pas l'équilibre osmotique de la cellule, et les modifications évolutives qu'elles subissent au cours du développement de la cellule paraissent très lentes et ne peuvent, en aucun cas, être suivies sous le microscope. Nos observations ne confirment donc pas celles de R. et H. Lewis qui admettent que les mitochondries des cellules animales modifient sans cesse leurs formes et peuvent, en quelques minutes, passer de la forme filamenteuse à la forme granuleuse ou inversement. On n'observe de modifications de forme des mitochondries que lorsque la cellule est placée dans un milieu qui n'est pas isotonique : dans ces conditions, les chondriocontes ont une tendance à se fragmenter très rapidement comme nous le verrons un peu plus loin.

### 2) ALTÉRATIONS DE LA CELLULE ET EN PARTICULIER DU CHONDRIOME VIS-A-VIS DES ACTIONS OSMOTIQUES

a) *Milieux hypotoniques.* — Les mitochondries apparaissent comme les éléments les plus fragiles de la cellule. Elles sont particulièrement sensibles aux moindres troubles survenus dans l'équilibre osmotique de la cellule.

b) *Action des milieux hypotoniques.* — Les préparations montées dans l'eau sont le siège d'altérations dues à l'action hypotonique de l'eau par rapport au suc vacuolaire. Ces altérations sont plus ou moins rapides, selon l'épaisseur de la membrane cellulosique, c'est-à-dire selon son degré de perméabilité.

L'altération se manifeste d'abord par le gonflement de la vacuole, par une augmentation de vitesse des courants du cytoplasme et aussi parfois par la production de petites vacuoles au sein du cytoplasme qui prend un aspect alvéolaire. Il n'est pas rare d'observer la formation de boules sarcodiques dont nous parlerons plus loin à propos de la plasmolyse où ces phénomènes sont beaucoup plus fréquents. L'altération porte surtout sur le chondriome. L'action du milieu hypotonique détermine très vite le gonflement des mitochondries qui absorbent l'eau et leur transformation en grosses vésicules, ce qui peut prêter à de graves erreurs d'interprétation (1). Lorsqu'il s'agit d'une mitochondrie granuleuse ou d'un court bâtonnet, on observe sa transformation intégrale en une vésicule. Si au contraire, il s'agit d'un chondrioconte allongé, on voit celui-ci former sur son trajet une série de petites vésicules qui se séparent bientôt les unes des autres par rupture des parties effilées qui les réunissent et apparaissent sous forme de vésicules munies, à l'une de leurs extrémités ou à leurs deux extrémités, d'un prolongement effilé qui disparaît peu à peu. Ces vésicules sont constituées par une paroi dense, parfois un peu plus épaisse sur l'un de ses côtés et par un liquide aqueux analogue au suc vacuolaire et contenant souvent en suspension un ou plusieurs petits granules animés de mouvements browniens et capables parfois de réduire l'acide osmique. Ces modifications du chondriome peuvent se produire en quelques minutes et l'on en peut suivre toutes les phases sous le microscope.

---

(1) Il est très possible que si les chondriocontes n'ont pas en général été vus par Schimper et Meyer, c'est que ces auteurs observaient leurs cellules dans des solutions qui, n'étant pas isotoniques, transformaient les éléments du chondriome en vésicules.

Le noyau, au contraire, est beaucoup moins sensible que le cytoplasme : il subit cependant un léger gonflement et son réseau se relâche.

Au bout d'un certain temps, variable selon la perméabilité de la membrane cellulosique, la cellule meurt et devient perméable à l'éosine qui colore le cytoplasme et le noyau. Le moment de la mort de la cellule coïncide avec le gonflement de plus en plus grand des vésicules mitochondriales qui deviennent énormes et qui, par suite de la diminution d'épaisseur de leur paroi, prennent l'aspect de vacuoles. Dans les cellules où le chondriome est très riche, comme les cellules épidermiques des pétales de Tulipe, ces vésicules, en grossissant, arrivent au contact les unes des autres et donnent au cytoplasme une structure alvéolaire semblable à celle décrite par Bütschli. Certaines de ces vésicules peuvent éclater par suite de la pression de leur liquide intérieur et se réduire à leur paroi déchirée. En même temps, le cytoplasme proprement dit offre une tendance à former de petites vacuoles. A partir de ce moment commence la désorganisation de la cellule, la vacuole diminue de volume, peut même se décomposer en plusieurs petites vacuoles, puis disparaît complètement, tandis que le cytoplasme se transforme en une sorte de précipité granulo-alvéolaire disséminé au sein d'un liquide cellulaire qui occupe toute la cellule ; enfin les vésicules mitochondriales, à leur tour, se désorganisent : leur paroi se résoud en petites granulations réfringentes. Quant au noyau, il semble exsuder à l'extérieur

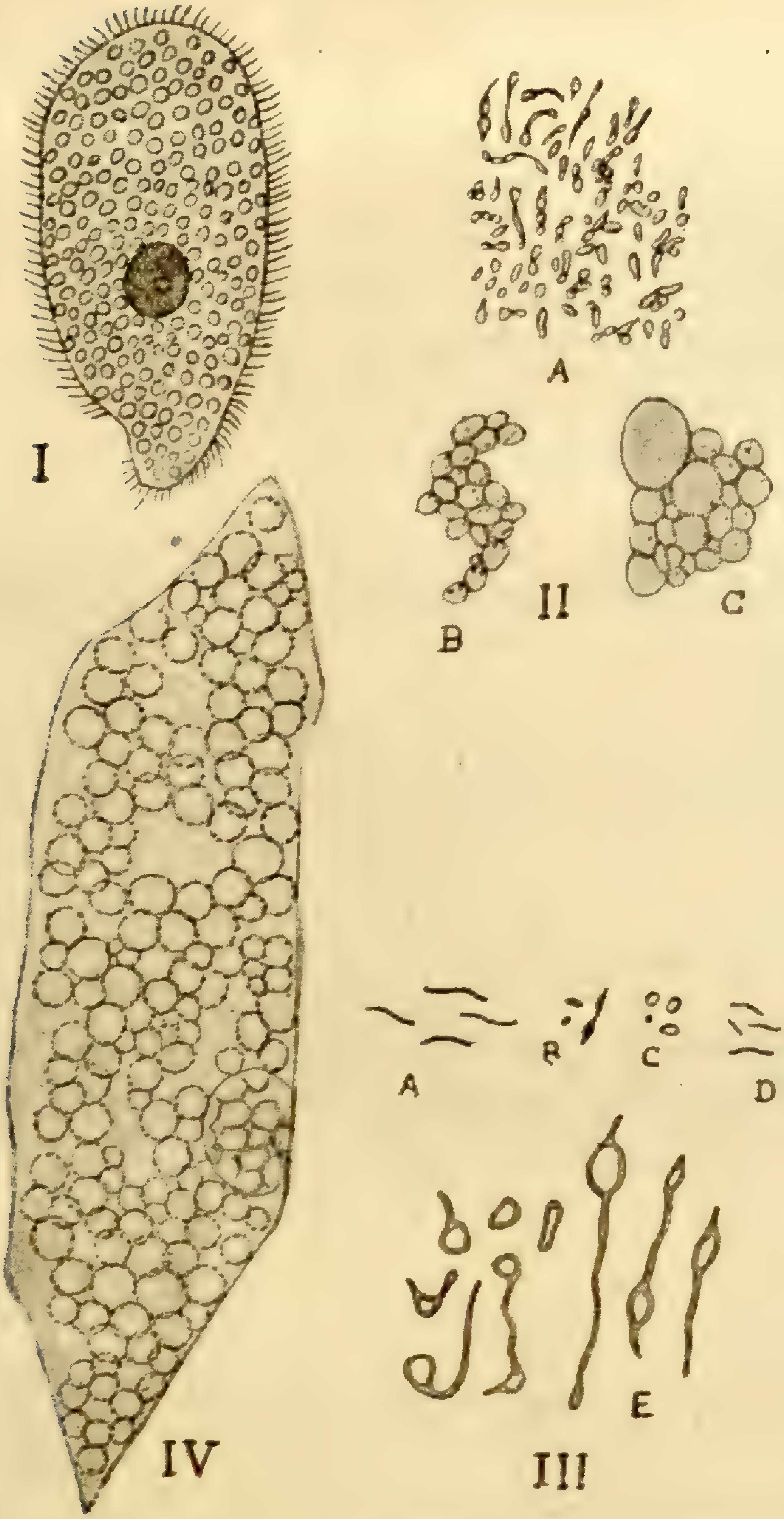


Fig. 20. — Altération du chondriome sous l'influence des milieux hypotoniques dans les cellules animales et végétales.

I) Dans *Glaucoma piriformis*. Mitochondries gonflées et transformées en vésicules (d'après Fauré-Fremiet).

II) Stades successifs de la transformation des chondriocontes en vésicules dans l'épiderme des pétales de *Tulipa suaveolens* (var. blanche), d'après nos recherches.

III) *A)* Chondriocontes d'un embryon de Poulet en milieu isotonique. *B* et *C)* : Stades successifs de la transformation des mêmes chondriocontes en milieu hypotonique. *D)* Les mêmes chondriocontes en milieu hypertonique (d'après R. et H. Lewis).

IV) Une cellule de l'épiderme des pétales de *Tulipa suaveolens* (var. blanche) dans laquelle tous les chondriocontes sont transformés en grosses vésicules (d'après nos recherches).

de sa membrane une partie de son eau sous forme de petites vacuoles, il subit une forte réduction de volume et apparaît comme un petit corps de forme irrégulière, constitué par une substance très dense : il paraît donc se coaguler avec élimination d'eau. Ces phénomènes ultimes semblent pouvoir s'expliquer par le fait que la vacuole devenue perméable par désorganisation de sa paroi, une partie des sels qu'elle renferme en dissolution se diffuse dans le milieu extérieur, ce qui a pour effet de diminuer sa tension et son volume ; puis que, par suite de la destruction complète de cette paroi, la vacuole se confond avec le cytoplasme, qui lui-même devenu perméable, subit, au contact de l'eau introduite dans la cavité cellulaire, une sorte de coagulation.

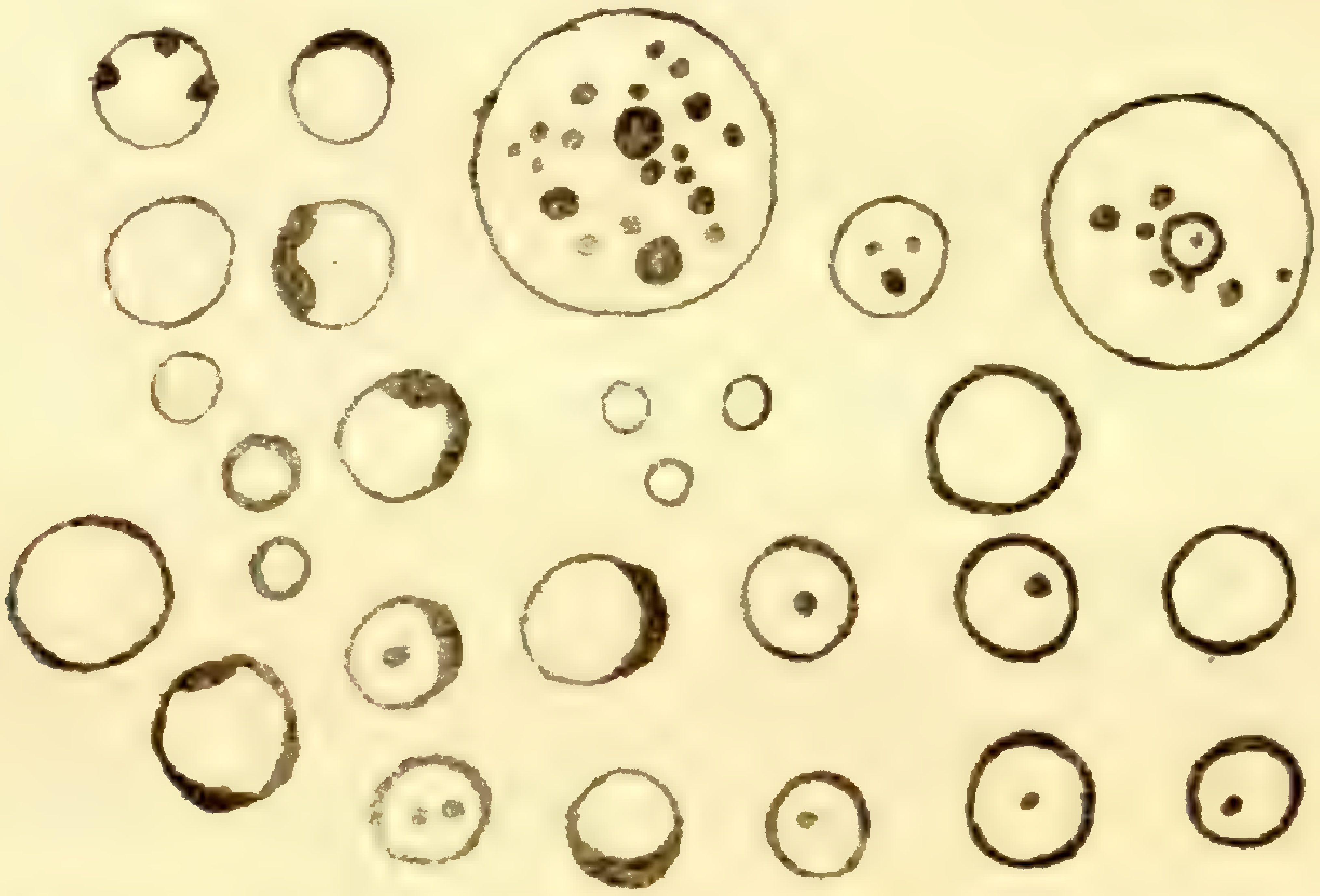


Fig. 21. — Mitochondries de *Paramæcium caudatum* gonflées par l'eau et transformées en vésicules (d'après Fauré-Fremiet).

L'observation en milieu hypotonique de diverses cellules renfermant des chromoplastes ou amyloplastes nous ont montré que ces éléments se comportent comme les mitochondries en milieux hypotoniques : ils se gonflent et se transforment en grosses vésicules. Il en est de même des chloroplastes ; toutefois la transformation de ceux-ci est plus lente. Cette propriété des chloroplastes de se gonfler en présence de l'eau est connue depuis fort longtemps.

Il est intéressant de constater que dans la cellule animale, les recherches de Fauré-Fremiet et R. et H. Lewis, Bang et Sjövall ont mis en évidence les mêmes altérations du chondriome sous l'influence des milieux hypotoniques, c'est-à-dire la transformation des éléments du chondriome en grosses vésicules (fig. 20 et 21). Fauré-Fremiet a même constaté, comme nous dans la cellule végétale, que dans les Infusoires, les vésicules mitochondriales, en se gonflant, arrivent au contact les unes des autres et déterminent un aspect alvéolaire du cytoplasme tout à fait analogue à celui qui a été décrit par Bütschli.

Il est possible dans beaucoup de cas de constituer un milieu isotonique qui permet de conserver pendant longtemps l'aspect normal du cytoplasme et d'éviter les altérations du chondriome. Les solutions de NaCl paraissent avoir toujours un effet nocif sur le chondriome et il est préférable d'employer les solutions de saccharose qui se rapprochent davantage de la constitution du suc cellulaire des végétaux. L'isotonie est obtenue en général, selon les cas et selon le stade du développement de la cellule, entre 7,50 et 10, 50 °/₀ de saccharose. Mais souvent, les milieux qui paraissent isotoniques ne permettent pas une conservation parfaite ni durable du cytoplasme. A ce point de vue, les cellules se comportent différemment et il y a des cellules beaucoup plus délicates que les autres.

Certains réactifs chimiques permettent, en général, de conserver le cytoplasme et notamment le chondriome aussi fidèlement que possible. C'est ainsi que dans le réactif iodo-ioduré, les mitochondries sont très bien fixées et prennent une teinte légèrement jaune. Il en est de même dans une solution d'acide osmique à 1/100 : les mitochondries se conservent dans leur forme et restent incolores. Ces réactifs permettent donc de réaliser des observations post-vitales, lorsqu'on ne parvient pas à obtenir un milieu isotonique suffisant pour éviter les altérations du chondriome.

Au-dessus de 10, 50 °/₀ de saccharose et de 1,50 °/₀ de NaCl, on observe des phénomènes de plasmolyse.

c) *Milieux hypertoniques.* — L'action des solutions hypertoniques sur le cytoplasme et sur le chondriome en particulier offre un intérêt spécial. Nous avons vu en effet que, depuis les belles recherches de de Vries, la plasmolyse n'a guère été étudiée. De Vries ne s'est occupé que de l'allure générale de la cellule et surtout de la vacuole dans ce phénomène, négligeant l'étude de la structure fine du cytoplasme. Depuis, les travaux de Tswett, Chodat et Boubier, Kohl, Strasburger n'ont eu pour objet que les questions si complexes de parois périplasmiques et périvacuolaires et des communications protoplasmiques. Nous ne possédons sur les phénomènes cytoplasmiques que quelques renseignements dus à Schwartz et surtout à Matruchot et Molliard, à une époque où le chondriome n'était pas encore connu. Il était donc intéressant de reprendre cette étude sur des cellules aussi exceptionnellement favorables à l'étude vitale du cytoplasme que les cellules épidermiques des pétales de Tulipe et des bractées et feuilles d'*Iris germanica*.

La plasmolyse produite par des solutions, à divers degrés de concentration de NaCl ou de saccharose, suit une marche semblable à part quelques différences de détail négligeables, et qui se traduit par une série de phénomènes très caractérisés qu'on peut décomposer en trois phases.

La première phase consiste en une rétraction partielle de la masse cytoplasmique ou protoplaste qui se détache de place en place de la membrane cellulosique, puis, au bout d'un certain temps, plus ou moins rapide selon la perméabilité de la membrane cellulosique et le degré de concentration de la solution, cette rétraction s'achève. Dans les cellules peu allongées, tout le cytoplasme se contracte au milieu de la cavité cellulaire sous forme d'une masse arrondie. Dans les cellules très allongées, le cytoplasme, en se contractant, se divise par étranglement en plusieurs masses arrondies, de dimensions inégales, disposées en chapelet le long de la cellule et qui restent réunies l'une à l'autre par une mince trabécule : chacune de ces masses cytoplasmiques renferme un fragment de la vacuole primitive qui s'est divisée par étranglement pendant la contraction.

C'est alors que commence la deuxième phase. Le protoplaste contracté offre toujours un contour parfaitement régulier, limité par une paroi (ectoplasme ou plasmodesme des auteurs). Il reste cependant rattaché à la membrane cellulosique par de nombreux filaments, le plus souvent très minces et plus ou moins dichotomisés. On sait que la signification de ces filaments a été l'objet de controverses. Tandis que Kohl les considère comme des communications protoplasmiques entre les cellules (plasmodesmes), Chodat et Boubier font remarquer qu'ils n'ont aucun rapport avec les pores de la membrane cellulosique et les attribuent à la paroi périplasmique qui, en vertu de sa viscosité, conserverait des adhérences avec la membrane cellulosique. Au contraire, Strasburger admet que parmi ces filaments, il y a lieu d'en distinguer deux catégories, les uns très minces et les plus nombreux appartiendraient à la paroi périplasmique, tandis que les autres, plus épais et moins nombreux sont en rapport avec les pores de la membrane cellulosique et représentent des plasmodesmes. Les cellules épidermiques de la feuille d'*Iris germanica* nous ont permis de constater qu'à côté de filaments très minces et dépourvus de mitochondries qui sont les plus nombreux, il en existe d'autres moins nombreux et plus épais qui renferment en général quelques mitochondries : ces derniers sont insérés dans les ponctuations de la membrane cellulosique et sont en rapport avec les filaments correspondants des cellules voisines. On peut donc admettre avec Strasburger que, si un certain nombre de ces filaments sont attribuables à une adhérence du cytoplasme avec la membrane cellulosique, d'autres représentent vraisemblablement des plasmodesmes.

Pendant la rétraction du cytoplasme déterminée par la contraction de la vacuole, le suc vacuolaire riche en composés phénoliques ou en pigments anthocyaniques s'épaissit et même peut se condenser partiellement sous forme de corpuscules de dimensions variables et plus ou moins nombreux. La vacuole apparaît nettement délimitée du cytoplasme comme si elle en était séparée par une paroi (tonoplaste de de Vries).

Dès le début de la plasmolyse, le cytoplasme est le siège de phénomènes très nettement caractérisés qui se traduisent d'abord par une augmentation de la vitesse des courants, puis bientôt il se décompose en une série de bourgeons qui viennent faire hernie dans la vacuole et ne tardent pas à prendre l'aspect de vésicules constituées par un liquide aqueux entouré d'une paroi dense extrêmement mince, tout en restant rattachées par un mince pédicelle au reste du cytoplasme.

Ces hernies se gonflent beaucoup et présentent des déformations et des mouvements d'oscillation incessants. Quelques-unes d'entre elles arrivent à se détacher du reste du cytoplasme par rupture de leur pédicelle et sont mises en liberté dans la vacuole où elles sont animées de mouvements browniens, avec déformation de leur paroi, qui les font ressembler à des amibes. Les figures formées par ces hernies semblent correspondre aux boules sarcodiques décrites par Dujardin. Elles présentent une ressemblance frappante avec les figures myéliniques, notamment avec celles qui ont été décrites par Maggi, Kölsch et Fauré-Fremiet dans le cytoplasme de certains

Protozoaires placés dans des conditions défectueuses, ainsi qu'à celles qu'a observées Klemm dans des cellules végétales soumises à certaines actions physico-chimiques. Mais ces figures n'offrent pas les réactions caractéristiques de la myéline : elles n'ont aucune biréfringence et ne réduisent pas l'acide osmique.

A un stade ultérieur, ces hernies vésiculeuses cessent de se mouvoir et, en se contractant assez fortement, déterminent par leur ensemble un aspect alvéolaire très particulier du cytoplasme, avec de petites alvéoles en forme de boyaux ou d'haltères limitées par une trame extrêmement mince, assez réfringente et d'allure rigide.

Cet aspect alvéolaire de la cellule plasmolysée a été signalé déjà par Schwartz, puis par Matruchot et Molliard. Ces derniers ont considéré cette structure comme le résultat d'un phénomène d'exosmose : la plasmolyse déterminerait, selon eux, une séparation de l'eau de constitution du cytoplasme qui se déposerait dans ce dernier sous forme de petites vacuoles dont le contenu se diffuserait ensuite peu à peu dans la vacuole centrale. Bien que l'interprétation de ces phénomènes cytoplasmiques nous paraisse très complexe, nous serions assez disposé, pour notre part, à admettre l'opinion de Matruchot et Molliard.

Au cours de ces phénomènes, le noyau se contracte légèrement, sans présenter aucune altération marquée, contrairement à l'opinion de Matruchot et Molliard qui y ont décrit aussi des phénomènes d'exosmose se manifestant par la formation de petites vacuoles tout autour de sa paroi. Quant au chondriome, il ne présente pas la moindre altération. Il semble toutefois que ces éléments subissent une légère contraction, visible surtout sur les chondriocontes qui s'amincissent assez sensiblemeut.

Dans cette phase, la cellule est encore vivante ; elle est imperméable à l'éosine et perméable seulement aux colorants vitaux (rouge neutre et bleu de nil) qui se fixent sur les composés phénoliques ou les pigments anthocyaniques dissous dans la vacuole. Enfin, transportée dans une solution isotonique, elle se gonfle et reprend son allure normale. Par son aspect rigide très spécial et sa réfringence plus accusée, le cytoplasme donne l'impression d'avoir acquis le maximum de déshydratation compatible avec sa vie.

Au bout d'un temps très variable, la mort survient par suite sans doute de la déshydratation plus complète du cytoplasme amenant sa désorganisation. Ce temps est plus ou moins rapide selon le degré de concentration et la perméabilité de la membrane cellulosique. On arrive alors à la troisième phase du phénomène.

Cette dernière phase correspondant à la mort de la cellule se manifeste par le fait que le cytoplasme devient perméable à l'éosine et en même temps par une modification très nette de l'aspect de la cellule qui semble attribuable à une réhydratation du cytoplasme. On observe un gonflement des petits alvéoles qui constituent la structure alvéolaire du cytoplasme, celles-ci s'arrondissent, puis finissent par disparaître et le cytoplasme prend un aspect homogène et plus fluide, caractérisé en outre par des mouvements browniens de ses mitochondries et de ses gouttelettes graisseuses. Pendant ce temps, les mitochondries se gonflent peu à peu et présentent les phénomènes que nous avons décrits dans les cellules soumises à l'hypotonie ; les chondriocontes forment sur leur trajet une série de renflements vésiculeux, qui se séparent par résorption des parties effilées qui les réunissent et se transforment en grosses vésicules à contenu aqueux ; enfin les mitochondries granuleuses se transforment en vésicules. Le noyau lui-même se dilate d'une manière appréciable en modifiant sa structure qui apparaît constituée par un nucléoplasme très aqueux renfermant en suspension une chromatine granuleuse. Au début, le cytoplasme reste très nettement limité extérieurement ; cependant, la paroi périplasmique perd son élasticité, le noyau et la vacuole montrent une tendance à faire saillie au dehors ; parfois de petites vacuoles s'exsudent à l'extérieur du cytoplasme. Enfin cette paroi disparaît, le cytoplasme se distend et se dissémine dans la cavité cellulaire sous forme d'un précipité granuleux. En même temps, les vésicules mitochondriales se gonflent de plus en plus. Par contre, la paroi périvacuolaire persiste la dernière et reste longtemps imperméable. La vacuole apparaît en quelque sorte isolée du cytoplasme désorganisé, en conservant un contenu parfaitement régulier. C'est le phénomène d'isolement des vacuoles décrit par de Vries et Tswett et sur lequel ces auteurs se sont appuyés pour soutenir l'existence d'une membrane différenciée entourant la vacuole. Dans une phase ultérieure, cette vacuole disparaît à son tour et le noyau très gonflé finit par éclater et se résorber. Parfois cependant, après s'être gonflé, il expulse son eau par exosmose et se contracte. Ce sont probablement les phénomènes de ce gonflement qui se terminent par l'éclatement du noyau qui ont été considérés par Matruchot et Molliard comme le résultat d'une exosmose (1).

On peut expliquer la série de ces phénomènes de la manière suivante : dans la première phase, il se produit une exosmose qui détermine la contraction de la vacuole et la rétraction partielle du protoplasme. Cette exosmose continuant a pour effet d'achever la rétraction complète du protoplaste. Pendant cette phase, le noyau et les éléments du chondriome se contractent légèrement, tandis que le cytoplasme semble perdre une partie de son eau de constitution et se déshydrater. Enfin, dans une troisième phase, la déshydratation du cytoplasme s'accentuant, la mort survient. Elle se traduit par la désorganisation de la paroi périplasmique, qui détermine d'abord une hydratation du cytoplasme amenant le gonflement des mitochondries et leur transformation en grosses vésicules, puis par la distension du cytoplasme qui semble se coaguler sous forme d'un précipité granuleux, le gonflement et l'éclatement du noyau et, tout à fait à la fin, la vacuole plus résistante finit par se résorber par désorganisation de la paroi périvacuolaire.

Sans vouloir insister sur la question si complexe et si controversée de la nature des parois périplasmiques et périvacuolaires, nous nous bornerons à faire remarquer que l'ensemble de nos observations ne semble pas favorable à l'opinion soutenue par de Vries, Went et Tswett qui considèrent les vacuoles comme des organites de la cellule incapables de se former autrement que par division et qui admettent que les parois périplasmiques et périvacuolaires sont des organes différenciés et permanents de la cellule. Une série de faits semblent en contradiction avec cette théorie : l'extrême instabilité de la vacuole, la facilité avec laquelle elle se divise pendant la contraction, la fusion rapide des petites vacuoles formées pendant la plasmolyse lorsqu'on replace les cellules dans un milieu isotonique, l'émission par le cytoplasme de boules sarcodiques émigrant dans la vacuole et paraissant s'entourer d'une paroi. Aussi croyons-nous pouvoir nous rallier à l'opinion de Pfeffer, Chodat et Boubier qui admettent que les parois périplasmiques et périvacuolaires sont des formations purement transitoires dues en partie à la tension superficielle ou à une propriété du cytoplasme de se coaguler au contact de l'eau.

---

(1) Ces faits ne correspondent pas aux observations de Pfeffer qui a montré que le noyau, isolé du cytoplasme en milieu hypertonique, conserve sa forme sans altération, mais il faut tenir compte que, dans notre cas, le noyau se trouve en présence d'un liquide cellulaire probablement acide et que les altérations nucléaires peuvent être déterminées par l'acidité du milieu.

Au point de vue du chondriome qui nous intéresse surtout, on voit que les solutions hypertoniques n'exercent aucune action manifeste sur le chondriome tant que la cellule reste vivante. Il semble se produire seulement une légère contraction des éléments du chondriome comme l'ont remarqué dans la cellule animale R. et H. Lewis, Bang et Sjövall. Ce n'est qu'au moment où la cellule meurt et où le cytoplasme s'hydrate et, en se désorganisant, finit par mettre en liberté les mitochondries dans le liquide de la cavité cellulaire que les mitochondries s'altèrent : elles présentent alors les formes qu'elles revêtent en milieux hypotoniques ; elles se gonflent et se transforment en grosses vésicules. Les plastides se comportent de la même manière sauf les chloroplastes (1).

Il est possible, en lésant légèrement des lambeaux d'épiderme renfermant des cellules très riches en chondriocontes (épiderme des pétales de Tulipe) de provoquer l'expulsion d'une partie de ces éléments en dehors du cytoplasme et d'observer la manière dont ils se comportent lorsqu'ils se trouvent isolés dans le liquide de la préparation. On constate qu'ils se transforment toujours plus ou moins rapidement en vésicules qui se gonflent peu à peu et finissent à la longue par éclater ; puis les résidus de leurs parois se désagrègent en petites granulations réfringentes, et cela aussi bien dans les milieux isotoniques et hypertoniques que dans les milieux hypotoniques. Cela tend donc à prouver que les mitochondries s'altèrent et se dissolvent partiellement chaquefois qu'elles se trouvent isolées du cytoplasme et au contact de l'eau, ce qui explique les altérations qu'elles subissent dans les phases ultimes de la plasmolyse.

d) *Réversibilité des altérations.* — On a vu que Bang et Sjövall ont constaté que les chondriocontes de la cellule hépatique comme ceux de la cellule végétale se transforment en boules sous l'influence des milieux hypotoniques et se contractent en milieu hypertonique. En traitant un foie de grenouille par une solution hypotonique jusqu'à transformation des chondriocontes en boules, puis en le soumettant à une solution isotonique ou faiblement hypertonique, et en le fixant, Bang et Sjövall ont constaté sur des coupes colorées que les boules mitochondriales avaient repris leur forme primitive de chondriocontes. Ces auteurs admettent donc que les altérations du chondriome provoquées par les milieux hypotoniques sont réparables et que la forme vésiculeuse des mitochondries est réversible. Partant de ces faits, Bang et Sjövall sont amenés à formuler une théorie qui fait jouer aux mitochondries un rôle dans les phénomènes osmotiques de la cellule. En répétant ces expériences sur des cellules épidermiques d'Iris ou de Tulipe, il nous a été impossible de vérifier ces faits. Si l'on détache un fragment d'épiderme et qu'on le monte dans l'eau, on constate rapidement, comme nous l'avons dit, la transformation des chondriocontes en vésicules. En arrêtant le phénomène au moment où les cellules sont encore en vie et en plaçant le même fragment d'épiderme dans une solution isotonique ou faiblement hypertonique, on n'obtient jamais le retour de la forme vésiculeuse à la forme chondrioconte. Le même résultat est obtenu lorsqu'on opère sur de jeunes bractées d'Iris où l'on peut observer l'épiderme sans le détacher.

---

(1) Les chloroplastes ne paraissent pas se comporter comme les mitochondries à cet égard. En milieu hypertonique, ils se contractent légèrement, mais jamais ne se gonflent après la mort de la cellule. De même, en isolant des chloroplastes dans une solution hypertonique, nous n'avons pas constaté le gonflement de ces corps, ce qui vérifie les observations de Pfeffer et Tswett.

Dans d'autres expériences, nous avons monté des fragments d'épiderme, dans les cellules desquels le chondriome présentait normalement des chondriocontes pourvus de vésicules (stigmates d'*Iris germanica*), dans des solutions hypertoniques de manière à voir si la plasmolyse déterminait dans ces chondriocontes une contraction suffisante pour amener la disparition des vésicules. Jamais nous n'avons pu observer la disparition complète de ces vésicules.

Dans un cas cependant, il nous a été possible de ramener des chromoplastes gonflés et transformés en vésicules par l'eau à leur forme normale de bâtonnets. Il s'agit des cellules épidermiques des pétales de la fleur de Courge. Dans ces cellules, on observe des chromoplastes dérivés d'une différenciation de chondriocontes, qui offrent la forme de bâtonnets trapus ou de fuseaux renfermant en leur sein un ou plusieurs cristaux de pigments carotiniens. Les fleurs ouvertes qui ont reçu la pluie pendant une longue durée, présentent dans l'épiderme de leurs pétales des altérations notables : les chromoplastes sont transformé en grosses vésicules. Si l'on soumet un fragment d'épiderme se trouvant à cet état à une solution légèrement hypertonique, on constate sous le microscope que les chromoplastes vésiculeux se contractent et reprennent peu à peu leur forme de bâtonnets. D'ailleurs, en plaçant une fleur tout entière dans des conditions normales, au bout de quelques heures, on constate que les cellules ont repris leur aspect normal. Mais il s'agit ici sans doute d'un cas particulier (1).

### 3) Actions physico-chimiques diverses sur le chondriome

Diverses autres actions physico-chimiques peuvent déterminer des altérations du chondriome semblables à celles que nous venons de décrire et provoquer la transformation des mitochondries en

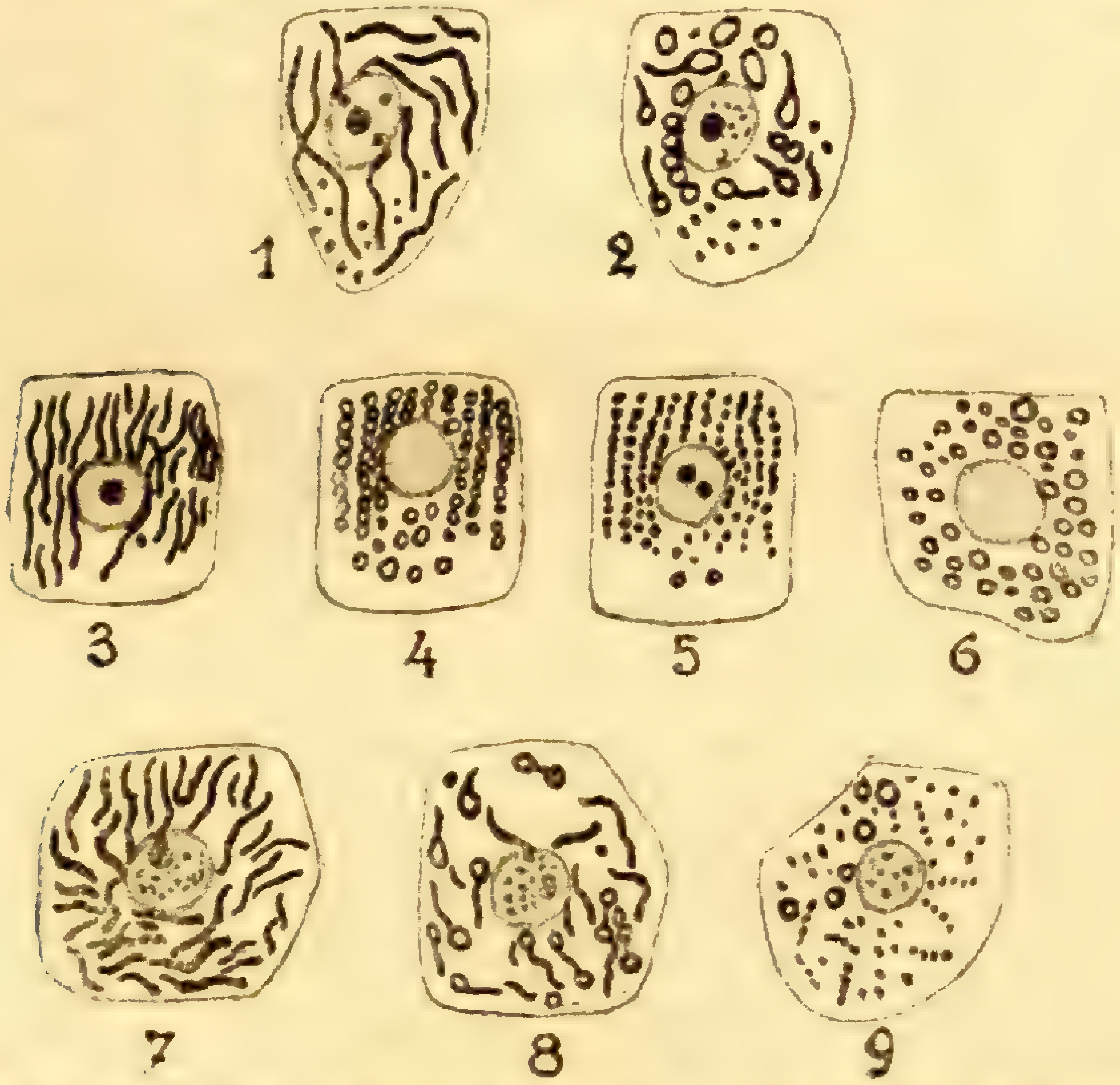


Fig. 22. — *Altération du chondriome de la cellule animale sous l'influence de substances toxiques.* — 1. — Cellule de pancréas à l'état normal. — 2 — Id. après traitement par le phosphore. — 3. — Cellule nerveuse à l'état normal. — 4. — Id. Après traitement par le phosphore. — 5. Id. Après traitement par la toxine diphtéritique. — 6. — Id. Après contact avec le colibacille. — 7. — Cellule du foie à l'état normal. — 8 et 9. — Après traitement par le phosphore (d'après Ciaccio).

---

(1) La transformation des chloroplastes en vésicules dans des cellules soumises à l'action de milieux hypotoniques a été souvent constatée, de même que la contraction des mêmes éléments dans les cellules plamolysées. Ces altérations ont été très diversement considérées. Elles ont été l'objet d'une étude spéciale de Tswett.

vésicules (compression mécanique, dessiccation, température située entre 45 et 50°, gel, anesthésiques). On peut admettre qu'elles agissent aussi en troublant l'équilibre osmotique de la cellule. Les mêmes altérations ont été signalées dans la cellule animale par Fauré-Fremiet, Ciaccio, Romieu, Bang et Sjövall qui ont observé la transformation des mitochondries en vésicules dans les cellules soumises à une compression mécanique ou placées dans des conditions d'asphyxie (Fauré-Fremiet), de même que dans des cellules intoxiquées par divers poisons ou toxines (Ciaccio, Romieu, Bang et Sjövall), (fig. 21).

### 4) Coloration vitale du chondriome

On sait que les recherches de divers auteurs ont montré que le chondriome de la cellule animale est susceptible de se colorer vitalement. A la vérité, cette coloration ne s'effectue pas sans difficulté et ne réussit qu'avec un très petit nombre de colorants. Les recherches de Michaëlis, Laguesse, Laguesse et Debeyre, Cowdry ont établi que le vert Janus a une affinité spéciale pour les mitochondries. Fauré-Fremiet de son côté a obtenu la coloration vitale du chondriome par le violet de Dahlia et J. Renaut par le violet de méthyle 5 B.

Les essais que nous avons tentés avec ces colorants sur les cellules épidermiques des pétales de Tulipe et des feuilles et bractées d'*Iris germanica* nous ont permis de constater que dans la cellule végétale, la coloration vitale paraît plus difficile encore à réaliser que dans la cellule animale ; elle ne se produit que dans les cellules en souffrance, dans les périodes qui précèdent sa mort. Le plus souvent, elle ne s'accomplit que dans des cellules altérées, où les mitochondries sont déjà transformées en vésicules. Il nous est cependant arrivé dans quelques cas d'obtenir une bonne coloration vitale du chondriome par le vert Janus et le violet de Dahlia. Dans cette coloration, les chondriocontes offrent un aspect finement granuleux dont les grains sont seuls colorés. On conçoit aisément que les mitochondries, qui paraissent être avec le noyau parmi les éléments les plus vivants de la cellule soient difficiles à colorer vitalement. On peut expliquer que leur coloration est plus difficile à obtenir dans la cellule végétale que dans la cellule animale, parce que la membrane cellulosique paraît faire obstacle ou retarder l'introduction du colorant dans le cytoplasme et que, étant donné la difficulté qu'on éprouve à réaliser un milieu isotonique évitant toute altération, cette introduction s'effectue au moment où la cellule commence à s'altérer.

Les recherches récentes de Cowdry parues après nos Notes préliminaires sur ce sujet ont entièrement confirmé nos résultats sur ce point.

### 5) EVOLUTION DU CHONDRIOME

a) *Son rôle dans les élaborations de la cellule et dans la formation des plastides.* — On sait qu'en cytologie animale, on admet en général que le chondriome exerce un rôle important dans les élaborations et que c'est au sein de ses éléments que se forment certains produits de sécrétion. Ces produits sont tantôt élaborés directement au sein des mitochondries, tantôt ils sont élaborés aux dépens de corpuscules dérivés d'une différenciation des mitochondries et qu'on a désignés sous le nom de plastes ou chondrioplastes (Prenant, Regaud, Champy).

L'observation vitale des cellules épidermiques des fleurs aux divers stades de leur développement nous a permis de constater que les mitochondries subissent au cours du développement des modifications qui démontrent d'une manière rigoureuse leur rôle élaborateur.

Dans les cellules épidermiques des jeunes bractées d'*Iris germanica*, par exemple, il est facile de suivre la formation de grains d'amidon au sein des chondriocontes. Ces grains simples ou composés apparaissent sur certains points du trajet des chondriocontes comme de petits grains brillants. En traitant la préparation par l'iodo-iodure de K, on peut obtenir la réaction caractéristique de cet amidon dans les chondriocontes qui, en présence de ce réactif, prennent une teinte jaune pâle et ne subissent pas d'altération.

L'observation vitale du chondriome des pétales des variétés jaunes de *Tulipa suaveolens* permet de constater avec la plus grande netteté que ce pigment prend naissance dans des chondriocontes allongés et onduleux qui ont été décrits par Schimper comme des chromoplastides en forme de bâtonnets.

En observant l'évolution du chondriome des divers organes de la fleur d'*Iris germanica*, on peut également constater que les chondriocontes élaborent au début du développement de nombreuses gouttelettes graisseuses qui apparaissent sur leur trajet comme de petits corpuscules très réfringents que l'acide osmique brunit fortement.

Dans tous les exemples que nous venons de choisir, le produit élaboré (amidon, xanthophylle, graisse) est formé directement au sein de chondriocontes. Dans ces exemples, le phénomène s'arrête là. Cela se produit assez souvent, mais il arrive plus fréquemment encore que les chondriocontes forment sur leur trajet de petits renflements dans lesquels l'élaboration se poursuit plus activement. Les parties effilées réunissant ces renflements peuvent subsister et les renflements peuvent être considérés comme de petits plastes fixés sur le reste du chondrioconte générateur. On peut considérer ces renflements qui ne grossissent jamais beaucoup comme des plastes incomplètement formés. Enfin, dans d'autres cas beaucoup plus fréquents, les plastes formés au sein des chondriocontes se séparent par résorption des parties effilées du chondrioconte, grossissent et deviennent des plastes parfaits, présentant la forme de gros corpuscules arrondis. Ces plastes sont analogues aux plastes décrits dans la cellule animale. Ils présentent les mêmes caractères physiologiques que les mitochondries notamment vis-à-vis des effets osmotiques ; ils ont aussi des caractères histo-chimiques semblables à ceux des mitochondries ; ils s'en distinguent souvent cependant par une résistance plus grande vis-à-vis de l'acide acétique et de l'alcool ainsi que par une moindre chromaticité. On peut donc les considérer comme des mitochondries grossies et légèrement différenciées au point de vue chimique. C'est par ce dernier processus que naissent les chloroplastes dont on peut également suivre la formation sur le vivant. Les bractées d'*Iris germanica* par exemple, permettent d'observer par transparence, dans leurs plus jeunes stades, dans les cellules du mésophylle, toutes les phases de la formation des chloroplastes aux dépens de chondriocontes. Les chondriocontes s'imprègnent d'abord de chlorophylle sans modifier leur forme, puis ils produisent sur leur trajet de petits renflements remplis de chlorophylle qui se séparent par rupture des parties effilées qui les réunissent, grossissent et apparaissent avec la forme de gros corpuscules arrondis remplis de chlorophylle, caractéristiques des chloroplastes.

b) *Aspect cristallin de certains plastes.* — Il est assez fréquent de constater que certains plastes imparfaitement développés, c'est-à-dire conservant sous forme d'appendices effilés les restes des chondriocontes dont ils dérivent, prennent vers la fin de leur évolution un aspect cristallin qui avait attiré l'attention de W. Schimper et A. Meyer. C'est ainsi, que dans les feuilles d'*Iris germanica*, les chondriocontes allongés et onduleux forment en leur milieu un petit renflement qui se remplit de globules graisseux. Ce petit renflement est donc un plaste conservant sous forme d'appendices effilés les vestiges du chondrioconte générateur, qui lui donnent l'aspect d'un fuseau à pointes effilées. Ces appendices effilés prennent souvent un aspect rectiligne qui rappelle un peu une aiguille cristalline. W. Schimper et A. Meyer, qui faisaient dériver ces éléments fusiformes de petits plastes arrondis, admettaient que leur aspect était déterminé par la présence d'un cristalloïde en aiguille qu'ils auraient élaboré. Celui-ci serait situé dans l'axe du plaste et s'épanouirait en dehors sous forme d'appendices effilés. Cette opinion est contestée par Chodat. Outre qu'il n'est pas nécessaire de faire intervenir une cristallisation pour expliquer ces figures que l'on sait maintenant dériver de chondriocontes dont le propre est de se présenter sous forme de filaments allongés, nos observations nous ont permis de constater que ces éléments ne présentent jamais la moindre trace de biréfringence. Il semble donc que la plupart des figures attribuées par W. Schimper et A. Meyer à l'existence dans les plastes d'un cristalloïde de protéine représentent simplement des plastes inachevés, c'est-à-dire des formes intermédiaires entre des chondriocontes et des plastes.

c) *Mitochondries végétatives et mitochondries élaboratrices.* — Pendant ces phénomènes d'élaboration, on remarque, comme nous l'avons déjà montré dans nos recherches antérieures, que les chondriocontes se rassemblent autour du noyau au moment où ils vont entrer en activité. Il est donc très probable que le noyau joue un rôle indirect dans l'élaboration du produit. C'est cette accumulation du chondriome autour du noyau qui a fait admettre à tort par certains auteurs (Tischler, von Derschau, Romieu, Alexeiew) que les mitochondries sont des émissions nucléaires.

En outre, il est à remarquer que dans tous les cas que nous avons examinés, ce sont les chondriocontes seuls qui participent aux élaborations, soit directement, soit après transformation en plastes. Cependant le chondriome renferme toujours avec ces éléments d'assez nombreuses mitochondries granuleuses ou en courts bâtonnets qui restent sans fonction apparente. Dans les cellules âgées, au moment où l'élaboration s'achève, ces éléments peuvent parfois s'allonger et donner naissance à des chondriocontes. Il reste donc toujours, comme nous l'avons déjà constaté dans nos recherches précédentes, une partie du chondriome qui ne prend pas part à la sécrétion. Cette remarque avait été faite déjà dans la cellule animale par Altmann qui distinguait, dans toutes cellules en voie d'élaboration, des bioblastes végétatifs et des bioblastes élaborateurs. Champy a récemment insisté sur cette présence simultanée de mitochondries végétatives et élaboratrices.

Les faits que nous avons constatés vérifient avec une grande précision, puisque par l'observation vitale, ce que nous avions déjà démontré dans nos recherches antérieures, à savoir que les formations depuis longtemps connues dans la cellule végétale sous le nom de plastides se rattachent à des formations beaucoup plus générales, communes à la cellule végétale et à la cellule animale, les mitochondries, éléments constitutifs du cytoplasme, qui paraissent jouer le rôle d'éléments élaborateurs. Les plastides (chloro- amylo- et chromoplastides) ne sont en somme que des mitochondries différenciées en vue d'une fonction spéciale comparables aux chondrioplastes de la cellule animale.

### 6) DÉGÉNÉRESCENCE DU CHONDRIOME

Les cellules épidermiques des enveloppes florales et des bractées, organes éphémères destinés à périr rapidement après l'ouverture de la fleur, sont spécialement favorables à l'étude de la dégénérescence cellulaire et en particulier de celle du chondriome.

Cette dégénérescence se traduit par une série de phénomènes qui portent sur le cytoplasme, le noyau et le chondriome. Le cytoplasme et la vacuole se désorganisent peu à peu et le cytoplasme finit par se transformer en une sorte de précipité granulo-alvéolaire qui se dissémine dans la cavité cellulaire. Le noyau subit une caryolyse qui se manifeste par la résorption du nucléole et du réseau chromatique et transforme le noyau en une sorte de vacuole qui finit par éclater et disparaître complètement. L'altération du chon-

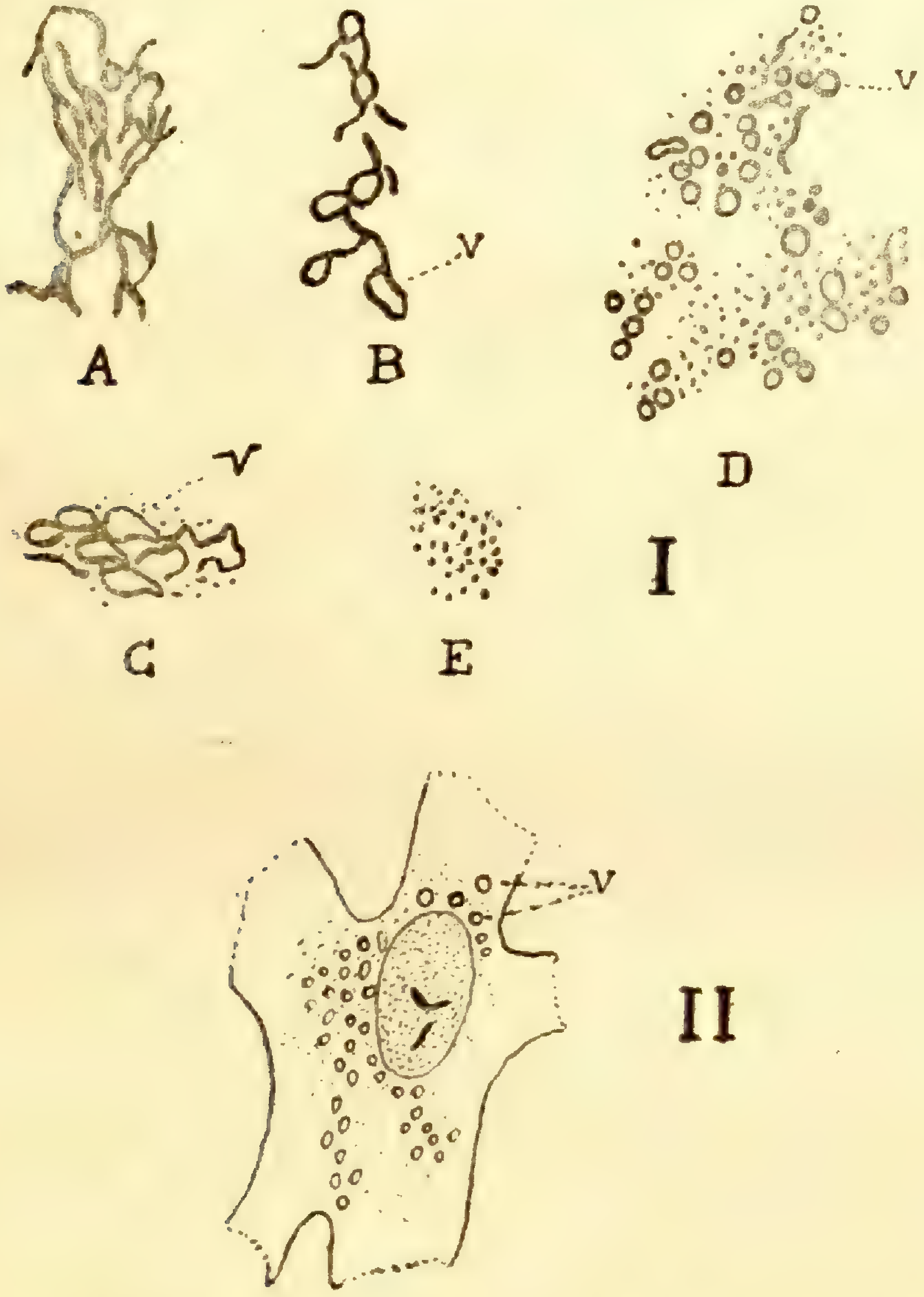


Fig. 23. — *Dégénérescence du chondriome.* — I. — Dans l'épiderme des pétales de *Tulipa suaveolens* (var. blanche), sur le vivant (d'après nos observations). — II. — Dans une cellule d'embryon de Poulet (d'après R. et H. Lewis). Dans les deux cas les mitochondries se transforment en vésicules (V). — A. Chondriocontes s'anastomosant. — B et C. Formation de vésicules (V) sur le trajet des chondriocontes. — D. Les chondriocontes sont presque tous transformés en vésicules. — E. Petits grains résultant de la désagrégation des parois des vésicules.

driome commence dès le début de la dégénérescence, mais ne s'achève qu'à la fin de ce phénomène, de telle sorte que les résidus du chondriome sont parmi les derniers éléments qui subsistent dans la cellule. Elle se manifeste le plus souvent par la formation, sur le trajet des chondriocontes, d'une série de petits renflements vésiculeux qui finissent par se séparer par résorption des parties qui les unissent. Les vésicules ont ensuite une tendance à confluer, puis leurs parois se dissocient en petites granulations réfringentes. Les mitochondries granuleuses se gonflent également, prennent l'aspect de petites vésicules et semblent subir le même sort. Ce processus, qu'il est facile de suivre dans les cellules épidermiques des pétales de la fleur de Tulipe, est en somme tout à fait semblable à celui qui a été constaté dans la cellule animale par R. et H. Lewis (fig. 23).

Dans d'autres cas, moins fréquents, la cellule subit une dégénérescence graisseuse. Les chondriocontes se remplissent de petites inclusions graisseuses, puis se transforment en vésicules et finalement se résorbent en globules graisseux et en petites granulations réfringentes de substance mitochondriale qui, sur coupes fixées, se montrent fuchsinophiles. Les globules graisseux se fusionnent ensuite en grosses masses de graisse, à contours irréguliers qui sont les derniers éléments qui subsistent dans la cellule. Les chromoplastes xanthophylliens peuvent subir une dégénérescence semblable et les granulations pigmentaires paraissent se dissoudre dans les globules graisseux qui, au moment de la résorption du plaste, prennent une couleur jaune. Il en est de même pour les chloroplastes. Ce processus, que nous avons suivi dans les divers organes de la fleur de divers *Iris*, a été déjà décrit par Laurent dans certains états pathologiques des jeunes feuilles de Palmiers. Il consiste donc en une dégénérescence graisseuse de la cellule, qui provient de la dégénérescence du chondriome. Il est possible que les dégénérescences graisseuses, si fréquentes dans la cellule animale, s'effectuent de la même manière, d'autant plus que Fiessinger a décrit dans la dégénérescence graisseuse de la cellule hépatique une dégénérescence graisseuse du chondriome.

Il est difficile d'interpréter cette dégénérescence graisseuse. Toutefois il n'est guère possible d'admettre que la graisse résulte d'une désintégration de la substance mitochondriale, car celle-ci persiste en grande partie. Il serait peut-être plus vraisemblable d'admettre qu'elle résulte d'une désintégration des albuminoïdes cytoplasmiques dont les produits graisseux seraient ensuite fixés par les mitochondries.

### 7) ACTION DES FIXATEURS SUR LE CYTOPLASME ET LE CHONDRIOME

On sait que la cytologie a toujours été tenue en suspicion par les physiologistes. C'est la méthode de fixation qui est le point faible et on lui reproche, non sans raison, d'altérer d'une manière plus ou moins profonde le cytoplasme et de provoquer des structures artificielles.

Nous avons vu qu'effectivement les travaux de Schwartz, Flemming, Kölliker, Henneguy, A. Fischer, Fauré-Frémiet, Meyer et ses collaborateurs, qui ont cherché à comparer l'aspect de la cellule vivante avec l'aspect de la cellule fixée, ont abouti à la conclusion que la fixation conserve assez bien le noyau, mais qu'en coagulant le cytoplasme, elle en modifie complètement la structure, et que chaque fixateur a des effets différents et provoque une structure artificielle différente du cytoplasme. Il s'en suit que toutes les structures cytoplasmiques que les cytologistes se sont ingéniés à décrire par l'étude des cellules fixées reposent sur des artefacts de préparation et ne sauraient avoir la moindre valeur.

Cependant, il semble aujourd'hui admis par la grande majorité des cytologistes que les techniques récemment introduites pour la différenciation des mitochondries (méthodes mitochondriales) permettent de mieux fixer le cytoplasme. Le matériel exceptionnellement favorable dont nous disposions nous donnait l'occasion de reprendre, avec beaucoup de précision, les travaux des auteurs précités et de nous assurer de l'efficacité des méthodes mitochondriales, et nous avons cru utile d'en profiter.

Les cellules épidermiques des fleurs de Tulipe et d'*Iris germanica* étaient toutes désignées pour cela et nous ont permis d'entreprendre une étude de l'action des fixateurs qui nous paraît être une des plus précises qui aient été réalisées jusqu'ici.

Cette étude nous a montré qu'au point de vue de la fixation du cytoplasme, on peut grouper les fixateurs en trois catégories d'après leur action sur le cytoplasme.

Les premiers (alcool, liquide de Lenhossèk, Perenyi, Zenker, Bouin, Mann, Tellyeniszky, Carnoy, Ladowsky, alcool picrique) fixent bien le noyau, mais bouleversent entièrement la structure du cytoplasme en détruisant le chondriome.

D'une manière générale, ces fixateurs paraissent agir, selon les cas, de deux manières :

1° par l'action dissolvante sur le chondriome de l'alcool et de l'acide acétique. Tous les fixateurs de ce groupe renferment en effet de l'alcool ou de l'acide acétique. Il est d'ailleurs facile de s'assurer qu'une solution, même faible, d'acide acétique exerce une action dissolvante sur le chondriome.

2° par leurs actions osmotiques ; nous avons vu que le plus léger trouble survenu dans l'équilibre osmotique de la cellule détermine des altérations profondes du chondriome et cette cause nous paraît jouer un très grand rôle dans la fixation du chondriome.

Quelle que soit leur cause, ces altérations se traduisent le plus souvent par l'anastomose des chondriocontes en une sorte de réseau, puis par l'apparition sur la trame de ce réseau de vésicules qui finissent par prendre un contour irrégulier ou un aspect granuleux.

Les mêmes fixateurs déterminent des altérations semblables, mais un peu moins accusées dans les amyloplastes et les chromoplastes qui, à cet égard, diffèrent peu des mitochondries. Au contraire, ils conservent dans leur forme les chloroplastes. Ceux-ci cependant, fixés par ces procédés, apparaissent ordinairement avec une structure spongieuse ou granuleuse. Cette structure, que l'on n'observe pas dans les chloroplastes fixés par les méthodes mitochondriales, qui offrent toujours un aspect homogène, peut, par conséquent, être attribuée à l'action des fixateurs.

Les altérations du chondriome donnent ainsi au cytoplasme l'aspect granulo-alvéolaire bien connu qu'il revêtait avec la plupart des fixateurs employés avant l'introduction des techniques mitochondriales et dont la trame correspondant aux résidus du chondriome se colore d'une manière plus intense par l'hématoxyline ferrique et la fuchsine acide.

Le cytoplasme proprement dit est, lui aussi, l'objet d'altérations plus difficiles à analyser. Ces modifications consistent en des phénomènes de coagulation amenant des structures granuleuses ou alvéolaires et enfin souvent en une contraction provoquée par des troubles osmotiques.

Les fixateurs du second groupe (solutions aqueuses concentrées d'acide picrique, de bichlorure de Hg, liquide de Flemming fort) conservent le chondriome, mais en l'altérant d'une manière plus ou moins sensible. L'altération est légère et consiste en un ratatinement ou en une diminution de chromaticité.

Les fixateurs du troisième groupe (méthodes mitochondriales) conservent aussi fidèlement que possible le cytoplasme dans la forme qu'il possédait sur le vivant. Dans certains cas cependant, ils peuvent aussi déterminer des altérations (transformation des mitochondries en vésicules) par leurs actions osmotiques et, à ce point de vue, chaque cellule se comporte d'une manière différente et il y a lieu de modifier pour chacune, dans une certaine mesure, la technique employée. Ce sont en général les cellules qui se montrent le plus facilement altérables sur le vivant, qui se fixent le plus difficilement. Les plastes et notamment les chloroplastes apparaissent toujours très bien fixés par ces méthodes et montrent une structure parfaitement homogène.

Il existe donc des méthodes capables de fixer le cytoplasme. Avec ces méthodes, le cytoplasme apparaît avec la structure qu'il possède sur le vivant : cytoplasme proprement dit à peu près homogène ou finement et confusément granuleux, faiblement coloré, et mitochondries conservant leurs formes et fixant énergiquement les colorants qui ressortent au sein du cytoplasme comme des bactéries colorées dans une préparation. Le noyau au contraire n'est pas toujours bien fixé et présente parfois dans sa structure des altérations notables.

Nos recherches montrent en outre, qu'en général, le formol commercial employé seul et sans postchromisation est souvent un excellent fixateur du chondriome. Parfois cependant il détermine certaines altérations des éléments du chondriome. En outre, il semble ressortir de nos observations que la postchromisation n'est pas absolument indispensable pour arriver à une fixation et une différenciation satisfaisante du chondriome. Nos recherches à ce point de vue confirment l'opinion soutenue par Duesberg, Bang et Sjövall, et montrent que l'on a exagéré le rôle de la postchromisation. L'action du bichromate de K ne paraît donc pas avoir l'effet que lui attribue Regaud dans l'insolubilisation des lipoïdes mitochondriaux. Son emploi cependant donne le plus souvent de bien meilleurs résultats et il paraît avoir l'action d'un mordant sur les mitochondries.

A tous les autres points de vue nos résultats sont d'accord avec les données apportées par les recherches de Fauré-Fremiet, Regaud et Lewitsky, R. et H. Lewis sur les caractères de fixation du chondriome, en montrant l'action nocive de l'acide acétique et de l'alcool, et infirment celles de Rudolph et Alvarado qui prétendent au contraire que ces substances fixent le chondriome.

Il est intéressant de constater que ces résultats, qui ont été l'objet d'une Note préliminaire en 1917, viennent d'être entièrement confirmés par un mémoire postérieur tout récent de Cowdry qui, dans une étude comparative des caractères des mitochondries des cellules pancréatiques de la souris et des cellules de la racine de Pois, a vérifié comme nous les données de Fauré-Fremiet, Regaud et Lewitsky, et a montré en outre, comme nous, que le sublimé et l'acide picrique sont des fixateurs du chondriome et que l'action du bichromate et la postchromisation ne semblent pas nécessaires pour l'obtention d'une bonne fixation du chondriome.

Ces résultats confirment donc les résultats de Schwartz, Flemming, Henneguy, A. Fischer, etc. et montrent que les fixateurs employés jusqu'ici (fixateurs du premier groupe) modifient toujours profondément l'aspect du cytoplasme en déterminant des structures artificielles différentes avec chaque fixateur employé. Ils expliquent en outre dans une certaine mesure les altérations produites qui semblent surtout porter sur le chondriome. Ces fixateurs défectueux pour le cytoplasme donnent au contraire de bons résultats pour le noyau, ce sont des *fixateurs nucléaires*.

Par contre, nos résultats démontrent que si les procédés ordinaires de fixation bouleversent la structure cytoplasmique, il n'en est pas de même des méthodes mitochondriales qui permettent au contraire de conserver le cytoplasme aussi fidèlement que possible dans la forme qu'il revêt sur le vivant. Elles constituent donc des *fixateurs cytoplasmiques par excellence*.

Il ressort donc clairement de cette étude que l'on peut avoir confiance dans les résultats obtenus par les méthodes mitochondriales qui réalisent évidemment un grand progrès dans la technique de fixation. On voit par là combien se trompent les auteurs qui invoquent le fait que l'on ne peut obtenir la différenciation des mitochondries que par des procédés spéciaux et compliqués pour mettre en suspicion l'existence de ces éléments. Ce sont au contraire ces méthodes qui donnent les résultats les plus rapprochés de la réalité.

Ajoutons que nos observations démontrent, ce qui a été confirmé par les intéressantes recherches de Cowdry, que les mitochondries de la cellule végétale se comportent exactement comme celles de la cellule animale vis-à-vis des fixateurs.

### 8) COMPARAISON DES MITOCHONDRIES DE LA CELLULE ANIMALE ET DE LA CELLULE VÉGÉTALE

Bien que les cellules animales se prêtent infiniment moins bien que les cellules végétales à l'observation vitale, des observations ont cependant été réalisées. On a pu voir déjà à plusieurs reprises dans cet exposé à quel point les mitochondries de la cellule végétale sont analogues à celles de la cellule animale. Il ne sera pas inutile ici d'établir une comparaison plus étroite entre les caractères des mitochondries animales et végétales.

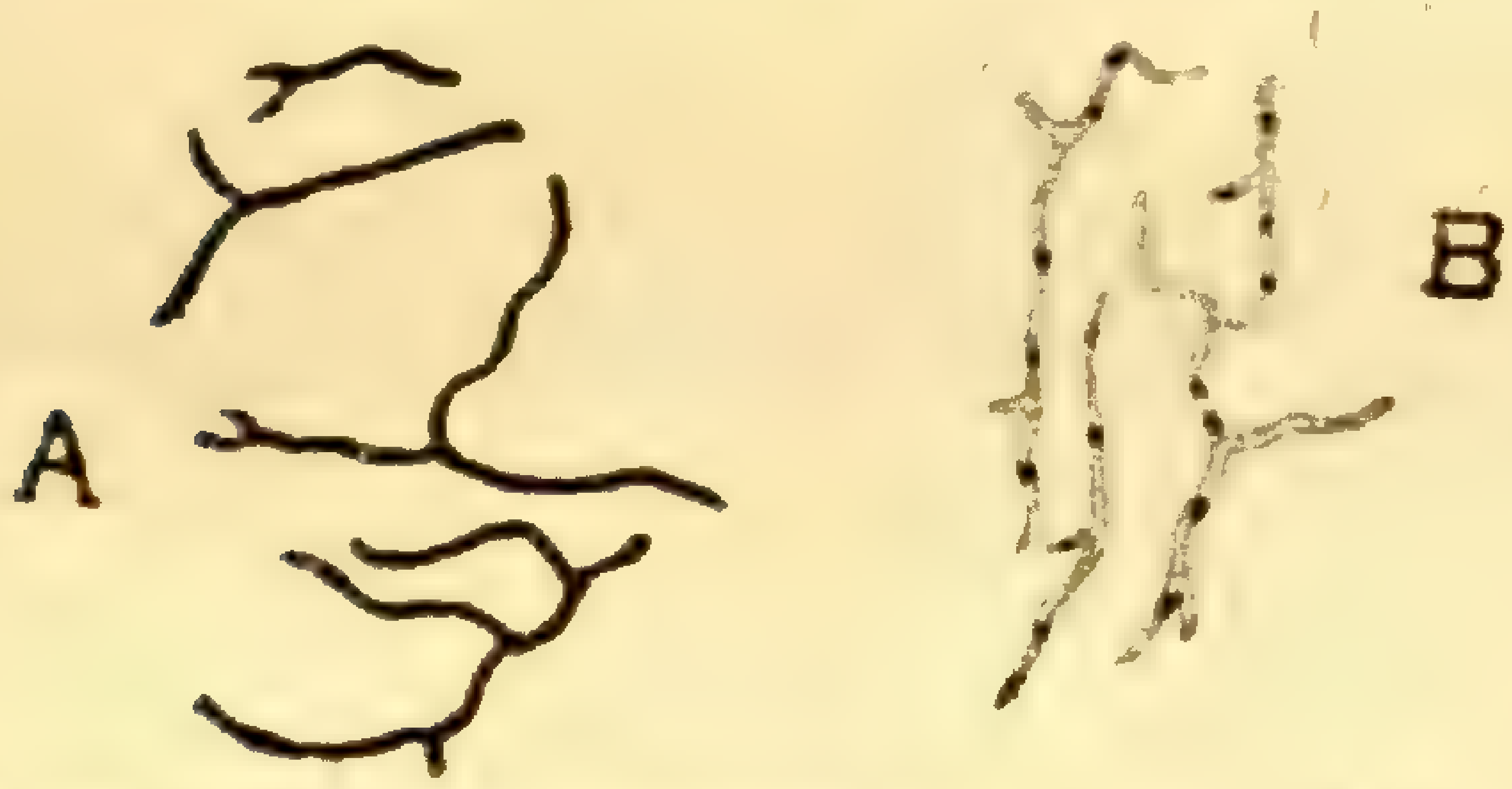


Fig. 24. — Chondriocontes ramifiés. — A. Dans une cellule d'embryon de Poulet (d'après R. et H. Lewis). — B. Dans une cellule épidermique du stigmate d'*Iris germanica* (d'après nos recherches).

Les recherches de Fauré-Fremiet, Laguesse et Debeyre, Romieu, R. et H. Lewis ont montré que sur le vivant (1), le cytoplasme de la cellule animale se présente généralement comme dans la cellule végétale sous l'aspect d'une substance hyaline et homogène renfermant un chondriome constitué par des mitochondries, des bâtonnets courts, des chondriomites et des chondriocontes onduleux et plus ou moins allongés. Les éléments du chondriome sont en tous

---

(1) En raison des difficultés bibliographiques occasionnées par la guerre, nous n'avons pas eu connaissance pendant la rédaction de notre Memoire d'un travail très intéressant de G. Levi qui a pu réaliser une observation vitale très complète du chondriome des divers tissus d'embryon de Poulet cultivés in vitro. L'auteur qui arrive a des resultats semblables à ceux obtenus par R et H. Lewis, est parvenu à obtenir des colorations vitales du chondriome par un sejour prolongé des cellules dans une solution isotonique de NaCl additionnée de traces de bleu de pyrrol. (G. Levi. La costituzione del protoplasma studiata su cellule viventi, cultivate « in vitro ». *Archivio di Fisiologica*, 1916).

# TABLEAU COMPARATIF DES CARACTÈRES PHYSIOLOGIQUES ET HISTO-CHIMIQUES DES MITOCHONDRIES D'APRÈS LES DIVERSES RECHERCHES FAITES EN CYTOLOGIE ANIMALE ET VÉGÉTALE.

| | **Fauré-Fremiet** | **Regaud** | **Bang et Sjowall** | **R. et H. Lewis** | **Cowdry** | | **Lewitsky** | **Rudolph** | **Observations personnelles.** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (Infusoires et cellules sexuelles de divers animaux.) | (Cellules des glandes salivaires et cellules de l'épithélium séminifère des mammifères.) | (Cellules du foie de grenouille.) | (Diverses cellules animales.) | (Cellules pancréatiques de la souris.) | (Cellules du méristème de la radicule de Pois.) | (Cellules du méristème de la tige et des écailles axillaires d'*Elodea canadensis*.) | (Cellules du méristème de la tige d'*Asparagus officinalis*.) | (Cellules épidermiques des pétales de *Tulipa suaveolens* et d'*Iris germanica*.) |
| ACTION DES MILIEUX HYPOTONIQUES | Gonflement et transformation en vésicules des mitochondries granuleuses et chondriocontes. | | Gonflement et transformation en grosses boules des chondriocontes. | Gonflement et tranformation en vésicules des mitochondries granuleuses et chondriocontes. | | | | | Gonflement et transformation en vésicules des chondriocontes et des mitochondries granuleuses. |
| ACTION DES MILIEUX HYPERTONIQUES | | | Contraction des chondriocontes. | Contraction des chondriocontes. | | | | | Légère contraction des chondriocontes. |
| DIVERSES ACTIONS PHYSICO-CHIMIQUES | Gonflement et transformation en vésicules des chondriosomes par compression mécanique et asphyxie. | | Gonflement et transformation en vésicules des chondriosomes sous l'influence de substances toxiques. | Les températures élevées 45-50 déterminent la transformation des chondriocontes en grain. | Le chondriome semble se dissoudre à une température de 45-50. | Le chondriome semble se dissoudre à une température de 45-50. | | | Gonflement et transformation en vésicules des chondriosomes sous l'influence de compression mécanique, du gel, de températures élevées et des anesthésiques. |
| ACTION DE L'ACIDE ACÉTIQUE | | Altération profonde des chondriosomes avec séparation de la substance lipoïde. | | Gonflement et transformation des mitochondries en vésicules. | Altération profonde. | Altération profonde. | Altération profonde. | | Altération profonde avec gonflement et transformation en grosses vésicules des chondriocontes. |
| ALCALIS (SOUDE) | Gonflement et transformation des chondriosomes en vésicules. | | | | | | | Gonflement, puis dissolution des chondriosomes. | |
| COLORATIONS VITALES | Coloration des chondriosomes par le violet de Dalhia. Les autres colorants vitaux ne colorent pas le chondriome (bleu de Crésyl, de Nil, Rouge neutre). | | | | Coloration des chondriosomes par le vert Janus. Pas de coloration par les bleus de Crésyl et de Nil. | Coloration des chondriosomes seulement par le vert Janus, mais plus difficile à obtenir que dans la cellule animale. | | | Coloration des chondriosomes par le vert Janus et le violet de Dahlia. Pas de coloration par les bleus de Crésyl, de métylène, de Nil et le rouge neutre. |
| RÉACTIF IODO-IODURÉ | | | | Conservation du chondriome. | | | | Bonne conservation du chondriome. | Bonne conservation du chondriome. |
| ACIDE OSMIQUE EN SOLUTION A $\frac{1}{100}$ OU EN VAPEURS | Fixation des chondriosomes qui restent incolores, mais réduisent plus ou moins intensivement l'acide osmique quand on les traite préalablement par un corps réducteur. (Acide pyrogallique.) | | | Fixation des chondriosomes, sans brunissement. | Fixation, sans brunissement. | Fixation, sans brunissement. | | Fixation des chondriosomes qui restent incolores. | Fixation des chondriosomes qui restent incolores. |
| ETHER-CHLOROFORME | Gonflement des chondriosomes. | | | | | | | Transformation des chondriocontes en grains. | Transformation des mitochondries en grosses vésicules. |
| ALCOOL ABSOLU | Altération profonde du chondriome : transformation du chondriosomes en vésicules. | Altération profonde du chondriome. | | | Altération profonde. | Altération profonde. | | Fixation des chondriosomes avec ratatinement. | Altération profonde avec confluence et gonflement en vésicules des chondriocontes. |
| LIQUIDE DE CARNOY | Conservation du chondriome dans certains cas. | | | | | | Altération profonde. | | Transformation des chondriocontes en vésicules et confluences. |
| LIQUIDE DE LENHOSSÈK | | | | | | | Altération profonde. | | Altération profonde avec confluence et formation de vésicules. |
| LIQUIDE PICROFORMOLÉ DE BOUIN | | Altération profonde avec quelques résidus granuleux. | | | | | Altération profonde. | Fixation des chondriosomes avec ratatinement. | Altération profonde. |
| LIQUIDE DE FLEMMING FORT | | | | | | | Altération profonde. | Bonne fixation. | Fixation avec ratatinement. |
| LIQUIDE DE FLEMMING FAIBLE | | | | | | | Bonne fixation. | | Bonne fixation. |
| FORMOL A DIVERSES CONCENTRATIONS | Bonne fixation. | Fixation. | Bonne fixation. | Bonne fixation. | Bonne fixation. | | Bonne fixation. | | Bonne fixation. |
| SOLUTION ALCOOLIQUE DE SUBLIMÉ | | | | | Altération profonde. | Altération profonde. | Altération profonde. | Fixation avec ratatinement. | Altération profonde. |
| SOLUTION AQUEUSE DE SUBLIMÉ | | | | | Bonne fixation. | Bonne fixation. | Altération profonde. | | Assez bonne fixation. |
| SOLUTION ALCOOLIQUE D'ACIDE PICRIQUE | | | | | Altération profonde. | Altération profonde. | Altération profonde. | Fixation avec ratatinement. | Altération profonde. |
| SOLUTION AQUEUSE D'ACIDE PICRIQUE | | | | | Bonne fixation. | Bonne fixation. | Altération profonde. | | Assez bonne fixation. |
| LIQUIDE DE TELLYESNICZKY | | Altération profonde. | | | | | | | Transformation des chondriosomes en grosses vésicules. |
| LIQUIDE DE ZENKER | Bonne fixation. | Altération. | | | Altération profonde. | Altération profonde. | | | Altération avec transformation des chondriosomes en vésicules. |
| MÉTHODE DE ALTMANN | Bonne fixation. | Fixation. | | | | | Bonne fixation. | | Fixation. |
| MÉTHODE DE BENDA | Bonne fixation. | Bonne fixation. | | | | | | | Bonne fixation. |
| MÉTHODE DE CHAMPY | | | | | Bonne fixation. | Bonne fixation. | Bonne fixation. | | Bonne fixation. |
| LIQUIDE I DE REGAUD BICHROMATE 3 °/₀ 100 VOL. ACIDE ACÉTIQUE 5 VOL. FORMOL 20 VOL. | | Bonne fixation dans certains cas seulement. | | | | | | | |
| LIQUIDE II DE REGAUD SOLUTION AQUEUSE SATURÉE D'ACIDE PICRIQUE 20 VOL. FORMOL 5 VOL. | | Bonne fixation dans certains cas seulement. | | | | | | | Bonne fixation. |
| LIQUIDE IV FORMOL 20 VOL. BICH. K. 80 VOL. | | Bonne fixation. | | | | Bonne fixation. | Bonne fixation. | | Bonne fixation. |
| DÉGÉNÉRESCENCE DU CHONDRIOME | | | | Transformation des chondriocontes en grains, puis en vésicules. | | | | | Transformation des chondriocontes en grains, puis en vésicules, avec parfois production de globules graisseux signalés dans la cellule animale par Fiessinger et Champy. |

points semblables à ceux de la cellule végétale, et des formes de chondriocontes ramifiés analogues à celles que nous avons fréquemment rencontrées ont été également observées dans la cellule animale (Laguesse, Meves, R. et H. Lewis, Chaves, etc., fig. 24). Comme dans la cellule animale, ces éléments sont déplacés par les courants cytoplasmiques et vont du noyau à la périphérie de la cellule et inversement (Romieu et R. et H. Lewis).

Ces observations ont montré, comme les nôtres, que les colorations vitales du chondriome sont très difficiles à obtenir et ne peuvent être réalisées que par un petit nombre de colorants, presque exclusivement par le vert Janus et le violet de Dahlia ; encore ces colorations ne réussissent-elles que rarement et le plus souvent déterminent des altérations du chondriome (Laguesse, Laguesse et Debeyre, Michaëlis, J. Renaut, R. et H. Lewis, Cowdry).

Enfin, fait très important, ces observations ont établi, comme les nôtres, que les mitochondries sont excessivement sensibles aux actions osmotiques et que le moindre trouble survenu dans l'équilibre osmotique de la cellule détermine leur altération. Les solutions hypotoniques les gonflent en quelques minutes et les transforment en grosses vésicules. Ces vésicules qui ressemblent à de petites vacuoles sont constituées par une paroi dense, souvent granuleuse et par un liquide aqueux tenant souvent en suspension un ou plusieurs granules réfringents (Fauré-Fremiet, R. et H. Lewis). Plus récemment, Bang et Sjövall ont fait ressortir cette propriété fondamentale des mitochondries par un autre procédé : en soumettant un foie de grenouille pendant quelques heures à une solution hypotonique, avant de le fixer et de le colorer, ces auteurs ont constaté que sur les coupes, le chondriome, qui dans ces cellules se présente normalement sous forme de longs chondriocontes, se trouve transformé sous l'influence du milieu hypotonique en grosses boules arrondies. C'est exactement ce que nous avons constaté dans nos cellules et il est très intéressant de retrouver les mêmes phénomènes physiologiques dans des cellules aussi différentes que les cellules épidermiques des fleurs et les cellules hépatiques de la grenouille.

Les observations de Fauré-Fremiet, Ciaccio, Bouin, Bang et Sjövall ont montré que des altérations semblables du chondriome se manifestent sous certaines actions physico-chimiques ; compression mécanique, asphyxie, poisons et toxines, tout comme nous l'avons constaté dans la cellule végétale.

Les recherches de Regaud, Fauré-Fremiet ont établi que les fixateurs ordinaires renfermant de l'alcool et de l'acide acétique détruisent le chondriome et que ces deux substances ont un effet particulièrement nocif sur le chondriome. D'après ces auteurs, les liquides formolés ou chromo-osmiques seuls fixent le chondriome. Les recherches de Lewitsky, Cowdry et les nôtres confirment ces données dans les cellules végétales. R. et H. Lewis ont remarqué, en outre, que le réactif iodo-ioduré fixe le chondriome ; ici encore, nos observations sur la cellule végétale arrivent au même résultat. Enfin, nos recherches établissent que l'acide picrique et le sublimé en solution aqueuse fixent le chondriome de la cellule végétale. Cowdry vient de confirmer le fait sur la cellule animale.

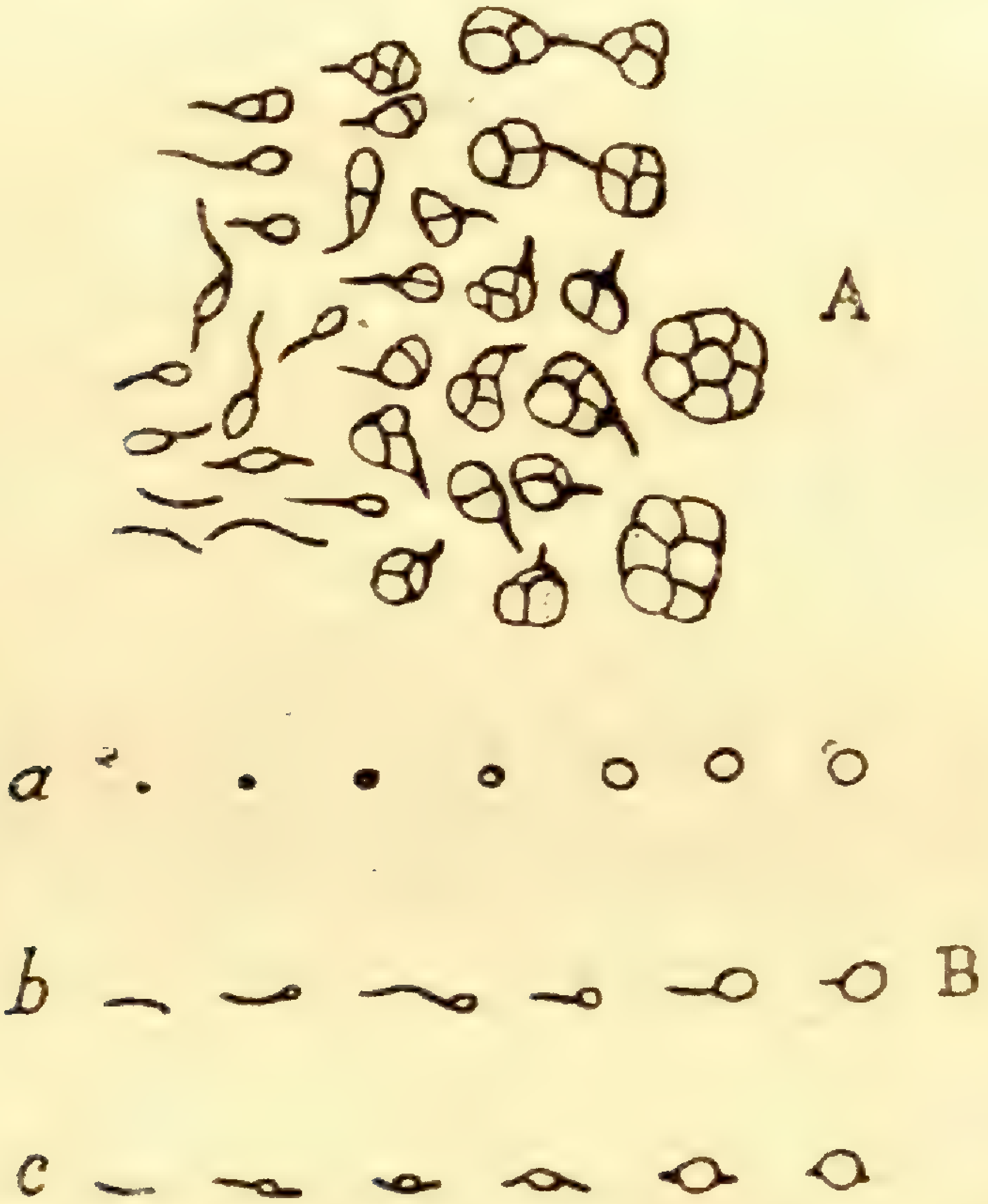


Fig. 25. — Elaboration de produits au sein des mitochondries dans les cellules animales et végétales. — A. Formation de grains composés d'amidon dans la racine de Ricin (d'après nos recherches). — B. Formation de globules graisseux dans la cellule adipeuse du Lapin (d'après Dubreuil). Méthode de Regaud (gr. 1500).

On voit donc qu'il y a analogie aussi complète que possible entre les mitochondries de la cellule animale et celles de la cellule végétale ; toutes deux présentent les mêmes caractères morphologiques, physiologiques et histo-chimiques.

Cette analogie se complète si l'on examine le rôle des mitochondries dans les élaborations. Regaud a montré le premier que le chondriome participe à l'élaboration des produits de sécrétion de la cellule. Ce fait a été bientôt confirmé par un très grand nombre d'auteurs. Les produits de sécrétion naissent sous forme de petits corpuscules arrondis sur le trajet des chondriocontes, ceux-ci se séparent ensuite par rupture des parties effilées des chondriocontes et achèvent leur maturation (fig. 26). Si le produit élaboré présente les mêmes caractères de coloration que les mitochondries, il ne se distingue pas par sa coloration de la mitochondrie, mais il peut se faire qu'il possède des propriétés tout à fait différentes et en ce cas, il apparait sur le trajet du chondrioconte comme une sorte de renflement vésiculeux dont la partie incolore, *ressemblant à une vacuole* (fig. 25), *représente* le produit que les méthodes mitochondriales ont laissé incolore, ou bien il se colore d'une manière différente de la substance mitochondriale tout en restant entouré d'une écorce mito-

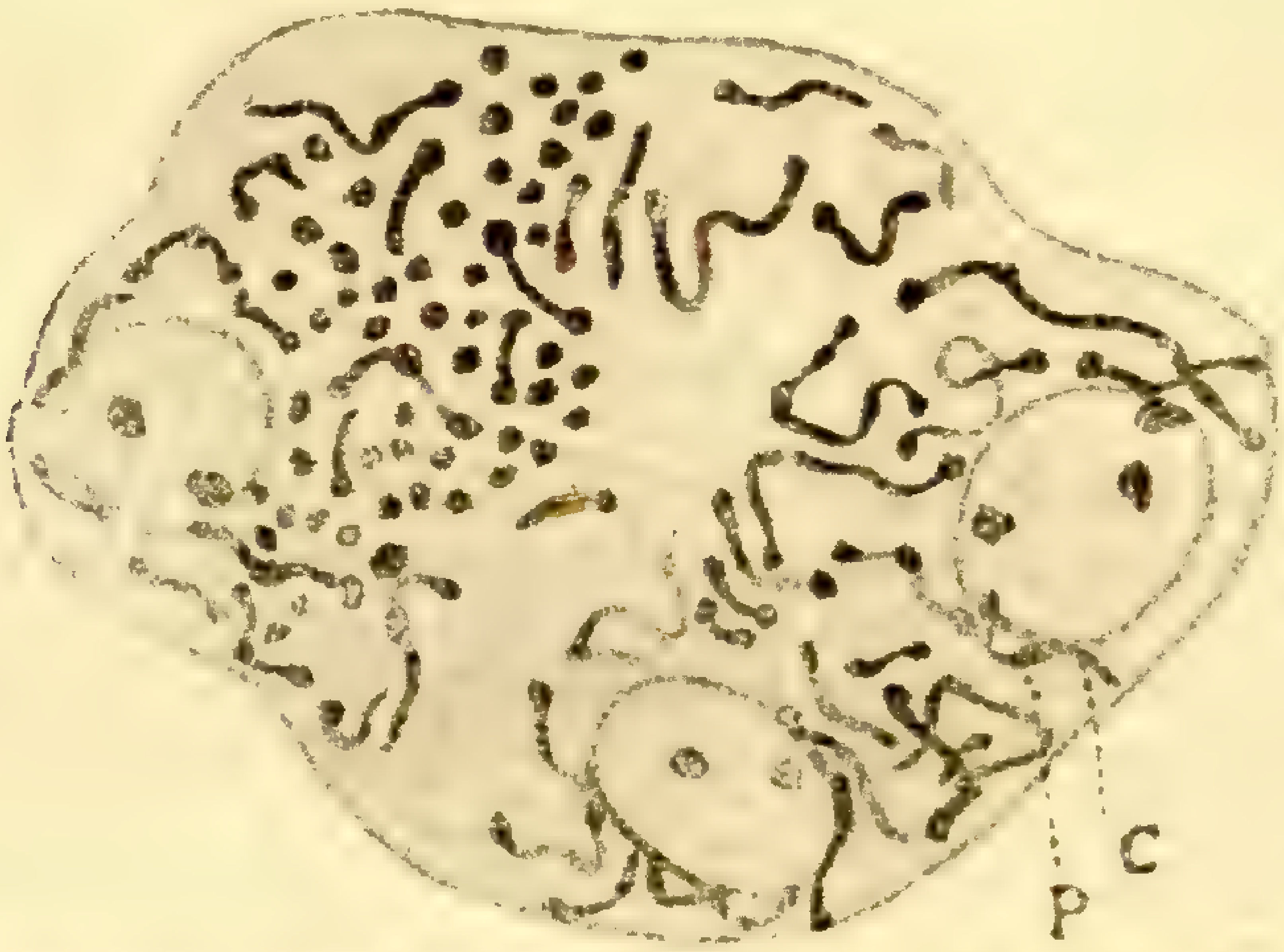


Fig. 26. — Formation des grains de zymogène dans une cellule de l'acinus de la glande parotide de l'Ane. Méthode de Regaud (d'après Regaud et Mawas) gr. 1330 1/2.

chondriale (1). C'est exactement ce que l'on constate dans la cellule végétale pour l'amidon.

D'autres auteurs tels que Prenant ont établi que les pigments de la cellule animale ont comme substratum des mitochondries, et les figures sont absolument analogues à celles des chromoplastides de la fleur de Tulipe.

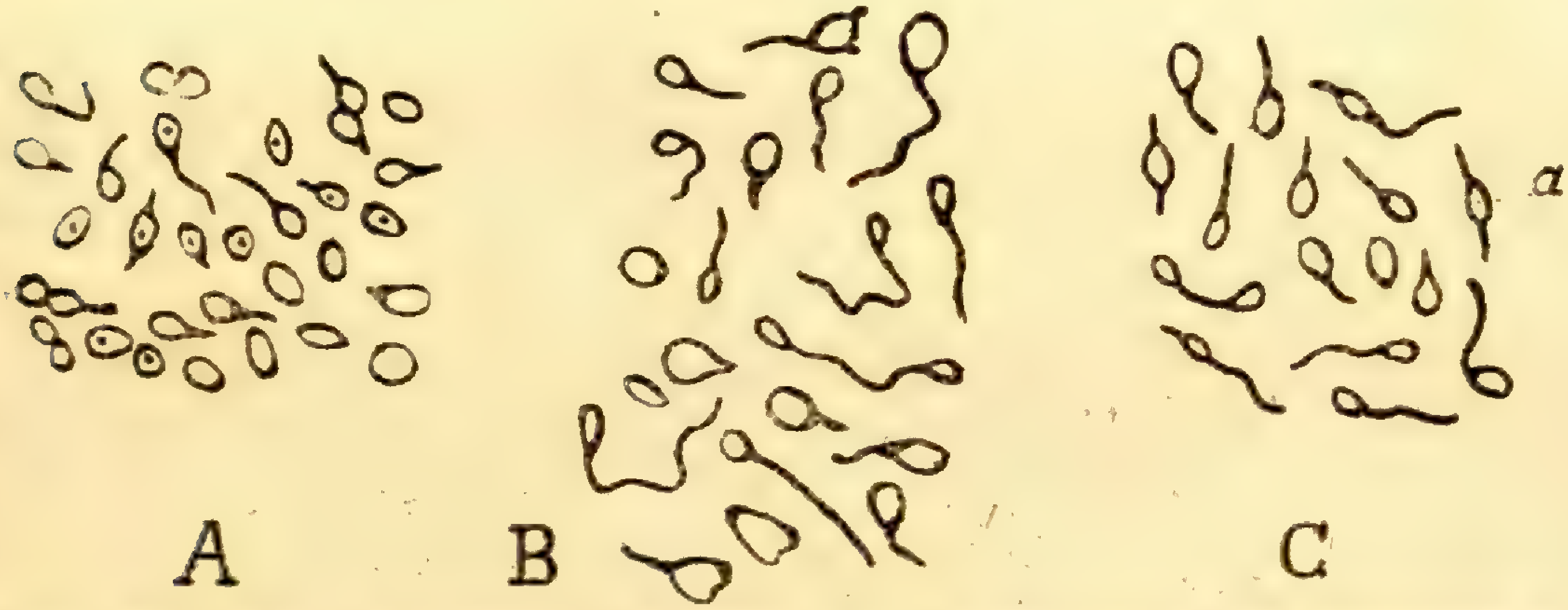


Fig. 27. — A. — Chondriocontes transformés en vésicules dans l'épiderme des pétales de *Tulipa suaveolens*, sous l'influence d'un milieu typotonique.
B. — Vésicules formées sur le trajet de chondriocontes après la résorption de l'amidon élaboré en leur sein dans l'épiderme du stigmale d'*Iris germanica*.
C. — Chondriocontes élaborant de l'amidon *(a)* dans la racine de Ricin. (Méthode de Regaud gr. 1500).

Enfin il y a beaucoup de cas, dans la cellule animale, où le produit de secrétion n'est pas élaboré directement au sein de la mitochondrie, mais aux dépens de plastes ou chondrioplastes dérivés de renflements formés sur le trajet des mitochondries. Ces plastes apparaissent comme une forme de différenciation des mitochondries ;

---

(1) Nos recherches montrent toutefois que l'on doit se méfier dans l'interprétation de ces vésicules sur des coupes fixées et colorées, puisque les mitochondries ont la propriété dans certaines conditions (influence des milieux hypotoniques, dégénérescence) de se transformer en vésicules. Dans les préparations fixées et colorées, ces vésicules offrent un aspect tout à fait semblable à celles qui sont déterminées par la présence au sein d'une mitochondrie d'un grain d'amidon non coloré par les méthodes mitochondriales (fig. 27). Ceci nous prouve qu'on ne doit conclure qu'une mitochondrie vésiculeuse est en voie d'élaboration que lorsqu'on aura trouvé un réactif permettant de caractériser le corps dans l'intérieur de la mitochondrie. La formation de semblables vésicules par altération du chondriome a amené R. et H. Lewis à admettre que les figures que nous avons décrites de la formation de l'amidon résultent d'une erreur d'interprétation et que les vésicules que nous figurons au sein de chondriocontes comme représentant un grain d'amidon en formation sont dues simplement à une altération du chondrioconte. Mais les auteurs ne tiennent pas compte du fait que nous avons démontré par la réaction iodo-iodurée que la vésicule représente bien de l'amidon et rien n'autorise ces auteurs à une pareille généralisation.

ils sont plus gros (Champy) et présentent des réactions légèrement différentes (Champy, Regaud) ; ces plastes semblent donc analogues aux plastides de la cellule végétale.

### 9) Réponse a quelques objections.

En cytologie animale, tandis qu'à la suite des travaux de Regaud, Hoven, Prenant, etc., on admet de plus en plus que les mitochondries sont des organites élaborateurs, il reste encore un grandnombre d'auteurs qui leur refusent ce rôle. G. Levi admet que, dans aucun cas, il n'a été démontré que les mitochondries participent aux fonctions de la cellule et pense que ces éléments jouent plutôt le rôle de porteurs d'hérédité. Pour Retzius, les mitochondries correspondent simplement aux microsomes depuis longtemps connus : ce sont des granules situées sur la travée de la charpente filaire du cytoplasme et qui n'ont qu'une existence problématique, qui est bien près d'être artificielle. Ciaccio et Retterer leur refusent également tout rôle dans les élaborations. R. et H. Lewis les considèrent comme des produits du métabolisme cellulaire qui, en vertu de leur constitution lipoïde, auraient peut-être un rôle dans la respiration ou sont de simples produits de réserve. D'autres auteurs tels que Mayer, Schäffer et Rathery, Fauré-Fremiet tout en reconnaissant que certains produits d'élaboration de la cellule naissent au sein des mitochondries semblent disposés à les considérer comme de simples gouttelettes de lipoïde et non comme des organites de la cellule. En vertu de leur constitution, ces gouttelettes serviraient de lieu d'oxydation, ce qui expliquerait qu'elles sont le siège de la formation de certains produits d'élaboration.

Enfin, il est encore certains auteurs comme Romieu, Alexeiew et Laguesse, qui se rallient à la théorie chromidiale et attribuent aux mitochondries, qu'ils assimilent aux chromidies, une origine nucléaire.

En cytologie végétale, aucune question n'est aussi discutée que celle de la nature et de la signification du chondriome. Si les travaux de Forenbacher, Maximow, Nicolosi-Roncali, F. Moreau, Beauverie, Janssens, Carano, Cowdry, Dop, Mirande, Meves, Cowdry et Alvarado se rallient à l'opinion que nous avons formulée à la suite des travaux de Pensa et Lewitsky et admettent que les plastides depuis longtemps connus dans la cellule végétale appartiennent aux mitochondries, la majorité des botanistes contestent cette assimilation et soutiennent qu'il n'existe aucune relation entre les mitochondries et les plastides.

Lundgard a essayé de démontrer que les mitochondries décrites dans la cellule végétale ne sont autre chose que des produits de l'altération des plastides dus à l'action des fixateurs chromés. Pour Tischler et von Derschau, les mitochondries sont des chromidies émanées du noyau. Orman, qui constate dans la cellule-mère du sac embryonnaire des Liliacées la présence de mitochondries, ne trouve aucun fait favorable à l'opinion que ces éléments sont susceptibles de se diviser et de participer aux élaborations. Woycicki décrit dans les grains de pollen des mitochondries, mais il constate que ces éléments ne prennent aucune part à l'élaboration des grains d'amidon qui naissent dans le cytoplasme sans le concours d'amyloplastes.

Dans une récente revue générale sur la question, Cavers conclut qu'il est difficile d'arriver à quelque généralisation un peu certaine sur la nature des corps variés auxquels le terme de mitochondries est appliqué. Il est difficile de savoir, selon cet auteur, si ce sont des éléments jouant un rôle dans l'hérédité, des plastes élaborateurs ou de simples artefacts de préparation.

Pour Löwschin, les mitochondries représentent de simples figures myéliniques.

Vuillemin s'élève contre l'importance exagérée, qu'il qualifie d'engouement, qu'on attribue aux mitochondries. Selon lui, la composition chimique du chondriome est à peu près inconnue dans le règne végétal et il n'est nullement démontré que les mitochondries décrites dans la cellule végétale soient assimilables aux mitochondries connues en cytologie animale. Enfin, l'auteur s'attaque à la théorie mitochondriale qui admet que les mitochondries sont les éléments élaborateurs de la cellule et fait passer le cytoplasme au second plan.

Pensa qui le premier a montré que les chloroplastes dérivent d'éléments semblables à des mitochondries, se montre disposé à admettre que ces éléments sont assimilables aux mitochondries de la cellule animale. Il pense cependant que l'on a décrit dans la cellule végétale sous le nom de mitochondries des formations de nature variée et que beaucoup de substances colloïdales diverses peuvent affecter la forme des mitochondries.

Arthur Meyer, Schmidt, Tumann, Kuster admettent qu'il est suffisamment démontré que les plastides sont des organites conservant leur individualité et ne se formant que par division de plastides préexistants pour que l'on puisse affirmer qu'ils ne dérivent pas des mitochondries. Selon eux, on aurait confondu dans les méristèmes de jeunes plastides avec les mitochondries.

Dans un article récent, A. Meyer met en évidence dans la cellule végétale une nouvelle catégorie de produits de réserve composés de ferronucléines qu'il désigne sous le nom d'*allinantes* et qui se reconnaissent à une série de réactions micro-chimiques voisines du groupe des allines. L'auteur affirme que les allinantes, corps bien distincts des plastides, ont été pris dans la cellule végétale pour des mitochondries.

Cette opinion est précisée par Rudolph pour lequel les mitochondries et les plastides sont des formations absolument distinctes, mais qui présentent les mêmes caractères de coloration. Dans les jeunes cellules des méristèmes, ces deux catégories d'éléments se confondraient : les mitochondries se présentent comme des grains et des filaments; les jeunes plastides qui coexistent avec elles affectent aussi la forme de petits grains de même dimension que les mitochondries, et d'haltères effilées ressemblant aux chondriocontes, qui représentent des figures de partage de ces éléments, partage très actif à ce stade. Dans les cellules un peu plus développées, les chloroplastes ont cessé de se diviser, ils augmentent de volume et prennent leur forme caractéristique, tandis que les mitochondries conservent leur forme primitive.

L'opinion de Rudolph, très théorique et quelque peu tendancieuse, a été reprise avec des arguments beaucoup plus sérieux par Sapehin et Scherrer qui constatent que dans les Muscinées, où les cellules renferment de la chlorophylle pendant tout leur développement, les chloroplastes apparaissent comme des organites indépendants des mitochondries et ne se forment que par division de chloroplastes préexistants.

Dans l'*Anthoceros*, où chaque cellule ne renferme qu'un seul chloroplaste, Scherrer a pu constater la présence de ce chloroplaste dans l'oosphère et sa transmission par division dans les cellules de l'embryon et de la plante adulte et cependant il existe dans toutes ces cellules un chondriome bien caractérisé. Les mitochondries, selon Scherrer, seraient donc indépendantes des plastides et l'auteur pense qu'elles représenteraient peut-être simplement des produits de réserve.

Dans un travail tout récent, Mottier a cherché à confirmer la théorie de Rudolph, Scherrer et Sapehin, et à démontrer l'indépendance des mitochondries et des plastides. Selon lui, les plastides présenteraient dans les cellules des méristèmes les mêmes caractères de coloration et les mêmes formes que les mitochondries (grains et filaments) et s'en distingueraient seulement par des dimensions un peu plus élevées. Mais pendant la différenciation cellulaire, les plastides grossiraient et prendraient les formes caractéristiques bien connues des plastides, tandis que les mitochondries conserveraient leurs formes primitives. Cette conclusion est appuyée surtout sur les faits constatés chez les Muscinées par Scherrer et Sapehin et vérifiés par Mottier. Seulement, pour Mottier, les mitochondries ne sont point des produits de nutrition de la cellule, mais représentent avec les plastides des organites constitutifs du cytoplasme ; elles conservent, comme les plastides, leur individualité et ne se forment que par division. Ces deux catégories d'organites joueraient, selon l'auteur, un rôle dans l'hérédité.

Dangeard s'est rallié dernièrement à cette opinion tout en formulant une théorie tout à fait différente sur la nature du chondriome (1).

Dans une série d'intéressantes recherches, l'éminent botaniste s'est attaché à démontrer que les corpuscules métachromatiques des Champignons sont des productions artificielles résultant de la condensation, sous l'influence des colorants vitaux ou des fixateurs, d'une substance existant normalement dans les vacuoles sous forme de solution colloïdale. En suivant à l'aide de colorants vitaux (bleu de méthylène ou de crésyl) la naissance des vacuoles à contenu métachromatique, Dangeard a vu que celles-ci apparaissent d'abord sous forme de très petits corpuscules arrondis, isolés ou réunis en filaments plus ou moins allongés et onduleux, c'est-à-dire avec les formes qui caractérisent les mitochondries. Ces vacuoles renferment un contenu métachromatique très concentré qui fait qu'elles se colorent énergiquement par les colorants vitaux. L'observation de la formation de ces vacuoles à l'aide des méthodes mitochondriales a d'autre part montré à Dangeard que ces vacuoles se colorent par ces méthodes comme les mitochondries.

---

(1) Dans une note récente, Mascré paraît adopter les idées de Dangeard (Mascré. Sur le rôle de l'assise nourricière du pollen. *C. R. Ac. des Sc.*, 21 Juin 1919).

Partant de ces faits, Dangeard est amené à contester la nature et la signification attribuées au chondriome ; il pense qu'il y a lieu de séparer les mitochondries des plastides et d'admettre que les formations décrites dans la cellule animale et la cellule végétale sous le nom de mitochondries appartiennent au système vacuolaire et devraient leur chromaticité à la présence de métachromatine se trouvant à divers degrés de concentration dans le suc vacuolaire.

L'étude vitale des cellules des Phanérogames a permis à Dangeard de constater que les vacuoles de toutes les cellules végétales renferment également en solution colloïdale de la métachromatine. En observant l'origine de ces vacuoles (notamment dans les cellules épidermiques des pétales de Tulipe), à l'aide de coloration au bleu de crésyl, Dangeard a constaté qu'elles se présentent, au moment de leur apparition, comme dans les Champignons, avec les formes qui caractérisent les mitochondries ; grâce à leur contenu métachromatique, ces vacuoles se colorent également électivement par les méthodes mitochondriales. Aussi Dangeard admet-il que ce qu'on a décrit jusqu'ici sous le nom de mitochondries aussi bien dans les Champignons que dans les Phanérogames et probablement dans les animaux se rattache au système vacuolaire, et que c'est à tort qu'on a confondu ces éléments avec les plastides.

Dangeard distingue donc, dans la cellule végétale, le *plastidome* composé par les plastides, et le *chondriome* constitué par l'ensemble du système vacuolaire. Les éléments du plastidome sont des organites vivants, susceptibles de se diviser et difficilement colorables sur le vivant ; les éléments du chondriome, au contraire, ne sont pas des éléments vivants et ont la propriété de fixer énergiquement les colorants vitaux. La métachromatine contenue dans les vacuoles serait pour Dangeard une substance agissant à la fois comme osmotine et électivine et jouant un rôle considérable dans la nutrition cellulaire.

Dangeard établit en outre la présence constante, dans le cytoplasme de toutes les cellules végétales, de petits globules graisseux qui présentent tout à fait l'aspect de mitochondries granuleuses et qu'il désigne sous le nom de microsomes. L'auteur pense que ces microsomes ont été souvent décrits comme des mitochondries.

Enfin, une nouvelle théorie se fait jour depuis quelques mois : elle consiste à admettre que les mitochondries représentent des Bactéries vivant en symbiose dans le cytoplasme. Cette théorie a été insinuée par Portier (1) et Galippe et elle est précisée par Eriksson qui cherche dans le chondriome une base morphologique pour sa théorie du mycoplasme.

---

(1) Notre Mémoire était déjà sous presse lorsque M. Portier a publié son livre « *Les Symbiotes* » (Masson, éditeur, Paris, 1919), où il précise ses idées et expose une théorie fort intéressante sur la nécessité de la symbiose dans les phénomènes les plus importants de la physiologie cellulaire. L'auteur est amené à considérer les mitochondries comme des Bactéries symbiotes et à admettre que toute cellule renferme dans son cytoplasme des symbiotes et que ce sont ces symbiotes qui effectueraient tous les phénomènes de l'assimilation.

Cette théorie, à la vérité fort séduisante, ne repose en réalité sur aucun fait précis. Nous l'avons déjà discutée ailleurs (Mitochondries et symbiotes, *Société de Biologie*, 29 mars 1919) et il n'est pas nécessaire d'y revenir longuement ici. On trouvera d'ailleurs dans l'exposé de notre Mémoire, une série de faits qui démontrent l'inexactitude de cette théorie.

Il est incontestable, et nous l'avons fait ressortir souvent dans ce Mémoire, que les mitochondries présentent une grande ressemblance avec les Bactéries, ressemblance qui avait déjà frappé Altmann. Elles partagent en outre avec les Bactéries la propriété de ne se former que par division. Mais ce n'est là qu'une simple analogie de forme qui n'aurait de valeur que si elle se trouvait confirmée par des propriétés physico-chimiques semblables. Or on a vu que les mitochondries sont des éléments extrêmement fragiles, que le plus léger trouble survenu dans l'équilibre osmotique de la cellule suffit à les altérer, qu'elles sont peu résistantes vis-à-vis des réactifs chimiques et surtout de l'alcool, du chloroforme et de l'acide acétique qui les dissolvent partiellement, enfin, fait plus important encore, qu'une température de 47° suffit à les détruire en quelques minutes. On ne connaît pas de Bactéries qui se montrent aussi fragiles. D'autre part, le fait que les Bactéries se colorent par la méthode de Regaud comme les mitochondries, argument invoqué par M. Portier, ne signifie rien, parce que cette méthode est loin de donner une coloration spécifique des mitochondries. Cette analogie de coloration n'aurait de valeur que si elle s'accompagnait d'une analogie dans les caractères de fixation des Bactéries. Or, les Bactéries se comportent à cet égard d'une manière très différente des mitochondries et résistent aux fixateurs renfermant de l'acide acétique ou de l'alcool. Il est d'ailleurs inexact de prétendre que les Bactéries ressemblent tout à fait aux mitochondries une fois colorées, car les Bactéries se distinguent presque toujours des mitochondries par des différenciations de structure. C'est là ce qui distingue précisément les Bactéries des nodosités des Légumineuses que M. Portier assimile à des mitochondries, des mitochondries qui coexistent avec elles. On voit donc qu'aucun rapport entre les mitochondries et les Bactéries n'est justifié et que l'on n'a aucune raison de considérer les mitochondries autrement que comme des organites du cytoplasme.

On trouvera d'autres arguments dans les Notes de Regaud (Mitochondries et symbiotes, *Société de Biologie*, 15 mars 1919) et de Laguesse (*Société de Biologie*, 5 avril 1919) et dans l'intéressant livre tout récemment publié par M. A. Lumière (*Le mythe des symbiotes*, Masson, éditeur, Paris, 1919).

Les faits qui ressortent de notre étude vitale et histo-chimique du chondriome répondent à la plupart de ces objections que nous devons maintenant discuter.

Tout d'abord, ils démontrent d'une manière indiscutable que les mitochondries découvertes d'abord à l'aide de méthodes spéciales et compliquées et qu'on pouvait au début de leur découverte attribuer à des artefacts de préparation, se présentent sur le vivant avec tous les caractères qu'elles offrent sur les préparations fixées. Les méthodes mitochondriales conservent donc aussi bien que possible le chondriome et il ne saurait être question de nier la réalité des mitochondries comme certains auteurs le font encore (Lundgard, Retzius, Cavers).

D'autre part, il ressort clairement de nos observations que, contrairement à la théorie soutenue par A. Meyer et quelques autres auteurs, les mitochondries ne peuvent représenter des produits de réserve ; tout l'ensemble de l'évolution du chondriome démontre l'inexactitude de cette opinion et en lisant les recherches de A. Meyer, on a l'impression que l'auteur ne s'est jamais donné la peine de différencier le chondriome.

Enfin, ces faits montrent que les mitochondries n'ont pas une origine nucléaire contrairement à l'opinion (théorie chromidiale) qui a été soutenue par von Derschau et plus récemment par Alexeiew et Laguesse. Aucun fait ne permet de constater l'émission nucléaire de mitochondries et il apparaît au contraire que les mitochondries sont des éléments constitutifs du cytoplasme ne se formant que par division de mitochondries préexistantes : de nombreuses figures de partage des mitochondries s'observent en effet sur le vivant, dans les plus jeunes stades du développement cellulaire. Il est vrai que pendant les processus d'élaboration, les éléments du chondriome qui participent à l'élaboration ont une tendance à s'accumuler tout autour du noyau, mais cela signifie simplement que dans ces processus, le noyau, comme le cytoplasme, exercent un rôle dans l'élaboration dont le centre est la mitochondrie.

L'ensemble de nos observations, les caractères morphologiques, physiologiques et évolutifs du chondriome dans la cellule végétale démontrent d'une manière évidente que les éléments décrits par Dangeard sous le nom de mitochondries ne correspondent ni aux mitochondries de la cellule végétale, ni à celles de la cellule animale qui, comme on l'a vu, leur sont indentiques. En effet, les éléments décrits par Dangeard ont été mis en évidence par des colorations vitales au bleu de méthylène (1) ou au bleu de crésyl qui ne colorent pas les mitochondries. En outre, ce sont des éléments purement transitoires, puisque dès le début du développement, ils se transforment en grosses vacuoles. Il n'en subsiste donc pas dans la cellule adulte. Le chondriome au contraire se présente sous forme d'un élément constitutif de la cellule, persistant pendant toute la durée de vie de la cellule, et lorsqu'une cellule élabore un produit, les mitochondries qui participent à cette élaboration s'épuisent, mais il en subsiste toujours d'autres qui ne jouent aucun rôle dans ce phénomène et qui en se multipliant pourront régénerer le chondriome. Aussi par leur propriété de fixer les colorants vitaux, comme par leur évolution, les éléments décrits par Dangeard comme des mitochondries n'ont pas les caractères des mitochondries telles qu'elles sont définies.

Nous avons déjà discuté ailleurs la théorie de Dangeard et il ne sera pas nécessaire d'y revenir longuement ici.

Il résulte de nos recherches antérieures, dont nous ne ferons ici que résumer les conclusions, que dans les Champignons, les vacuoles en voie de formation remplies de métachromatine que Dangeard considère comme représentant le chondriome, sont des formations tout à fait différentes du chondriome qui a passé inaperçu à l'auteur. Elles ne ressemblent d'ailleurs pas aux mitochondries qui ne sont pas visibles sur le frais et ne se colorent jamais vitalement par les colorants employés par Dangeard (bleu de crésyl et de méthylène). Les vacuoles remplies de métachromatine fixent au contraire très énergiquement les bleus de méthylène et de crésyl grâce à leur contenu métachromatique. Les caractères de fixation et de coloration de la métachromatine sont d'ailleurs essentiellement différents de ceux des mitochondries que Dangeard n'a pas pu mettre en évidence après fixation, parce qu'il n'a pas employé la méthode des coupes à la paraffine qui seule permet de différencier le chondriome.

---

(1) Tous les auteurs qui ont essayé de colorer le chondriome vitalement (Fauré-Fremiet, R. et H. Lewis, Cowdry, notamment) sont d'accord sur le fait que le chondriome ne fixe jamais le bleu de méthylène et le bleu de crésyl. Collin cependant a observé la coloration vitale du chondriome par le bleu de méthylène, mais dans un cas très spécial, dans les dendrites et le corps des cellules ganglionnaires de la rétine. Il s'agit là d'un cas unique. Il paraît en être de même d'une observation récente de Turchini qui constate que le bleu de méthylène au cours de son élimination rénale colore vitalement le chondriome. (Turchini. Coloration vitale du chondriome des cellules secrétrices du rein au cours de l'élimination du bleu de méthylène. *Soc. de Biologie*, 1919).

Quant à la substance décrite par Dangeard sous le nom de métachromatine dans les Phanérogames (notamment dans les cellules épidermiques des pétales de Tulipe), nos recherches ont montré qu'elle ne présente de commun avec la métachromatine des Champignons, que le fait d'exister à l'état de dissolution dans les vacuoles et de fixer énergiquement les colorants vitaux. Cette substance possède des réactions caractéristiques : elle réduit fortement l'acide osmique, noircit par les sels ferriques, donne avec le bichromate de K et la liqueur de Courtonne un précipité jaune. Il s'agit donc d'un tannoïde ce qui explique son affinité pour le bleu de méthylène. La propriété de former avec le réactif de Courtonne un précipité jaune, indique que cette substance correspond aux composés phénoliques dont nous avons constaté la présence dans les vacuoles de toutes les cellules épidermiques que nous venons d'examiner ici. La présence de ce composé phénolique dans les vacuoles est loin d'être générale : elle se rencontre surtout dans les cellules épidermiques ; les mitochondries, au contraire, existent dans toutes les cellules, même celles qui n'élaborent pas de composés phénoliques. Les figures que M. Dangeard donne de la formation des vacuoles dans l'épiderme des pétales de Tulipe semblent indiquer évidemment qu'une partie de ces éléments représentent des chondriocontes ; il semble donc que ces composés se produisent à un stade très jeune du développement des pétales, que nous n'avons pas observé, par un processus semblable à celui que nous avons indiqué dans les cellules épidermiques des pétales de *Pelargonium* et naissent au sein des chondriocontes. Les éléments décrits par Dangeard semblent donc représenter ici des chondriocontes imprégnés de composés phénoliques dont la présence modifie leurs réactions et permet de les colorer vitalement par le bleu de crésyl et de méthylène. Ils correspondraient donc à une partie seulement du chondriome en voie de subir une évolution spéciale. Nous reprendrons plus tard cette question à la suite des travaux de Dangeard. Bornons-nous à constater seulement que les éléments décrits par cet auteur ne sont pas de véritables mitochondries, ce sont, ou des formations absolument différentes des mitochondries comme dans les Champignons, ou des mitochondries déjà en voie d'élaborer un produit qui modifie leurs propriétés (1).

Quant aux microsomes décrits par M. Dangeard, ils correspondent aux globules graisseux que nous avons décrits dans toutes les cellules que nous avons observées et qui ne peuvent être confondus avec les éléments du chondriome (2).

---

(1) Dans un mémoire tout récent, Alvarado vient de confirmer ces faits et a montré à l'aide d'une méthode spéciale que nous n'avons pas employée, la méthode de Bielschowsky (fixation au formol, passage dans une solution d'argent ammoniacal, lavage à l'eau, traitement par une solution acidulée de chlorure d'or, puis par une solution à 5 °/o d'hyposulfite, imprégnation par une solution de nitrate d'Ag à 2 °/o et enfin passage dans une solution de formol), que le chondriome est absolument distinct du système vacuolaire et qu'il se confond avec le plastidome de Dangeard, expression qui n'a donc aucune raison d'être.

(2) Tout récemment, et pendant l'impression de ce Mémoire, M. Dangeard vient de publier les résultats de ses nouvelles observations sur les mitochondries et donne une interprétation qui diffère un peu de la précédente. (Dangeard. Sur la distinction du chondriome des auteurs en vacuome, plastidome et sphérome. *C. R. Acad. des Sciences,* 1er décembre 1919).

M. Dangeard distingue dans le cytoplasme de la cellule végétale trois catégories d'éléments différenciés.

1° le *vacuome ou système vacuolaire,* rempli de métachromatine et qui, selon M. Dangeard, correspond au chondriome décrit dans la cellule animale ;

2° le *plastidome,* constitué dans les méristèmes par des grains et des filaments ressemblant aux figures initiales du vacuome, et qui se transforment dans les tissus différenciés en plastides. L'auteur en donne une excellente description.

3° le *sphérome,* représentant l'ensemble de petits globules graisseux ou microsomes que nous avons également signalés ici et qui selon M. Dangeard auraient été souvent confondus avec des mitochondries.

Nous aurons l'occasion de revenir prochainement sur les idées de M. Dangeard, mais nous tenons dès maintenant à faire remarquer que la conception de l'éminent botaniste, qui s'appuie sur des faits très exactement observés, est erronée pour ce qui concerne l'assimilation exclusive du chondriome de la cellule animale au vacuome de la cellule végétale. Nous laisserons de côté pour l'instant la question du vacuome, question encore très obscure et qui ne rentre pas dans le cadre des questions que nous avons abordées dans ce Mémoire et nous nous bornerons à faire remarquer que le vacuome de M. Dangeard ne correspond pas au chondriome décrit dans la cellule animale, mais semble se rattacher à l' « *apparato reticulare* » de Golgi dont les rapports avec le chondriome sont encore très discutés. Il ne constitue donc qu'un cas spécial de la question.

Au contraire, pour ce qui concerne le plastidome, nous tenons à insister sur le fait qu'il correspond au contraire absolument, contrairement à ce que pense M. Dangeard, au chondriome de la cellule des Champignons et de la cellule animale et aux bioblastes de Altmann. C'est là un fait démontré et l'on trouvera dans la comparaison que nous avons faite dans ce mémoire du chondriome dans les cellules végétales et animales des preuves indiscutables de cette assimilation.

Quant au sphérome, nous ne l'avons jamais confondu avec le chondriome. Il correspond aux petits globules graisseux qui coexistent avec les mitochondries granuleuses dans les cellules épidermiques des pétales de Tulipe et qui se distinguent très nettement des éléments du chondriome par leur réfringence spéciale. Nous ne pensons pas qu'ils aient été jamais confondus avec le chondriome. Ils ne se colorent d'ailleurs pas par la méthode de Regaud.

Nos observations montrent également que la théorie plus solide soutenue par Rudolph, Sapehin et Scherrer et surtout précisée par Mottier n'est pas exacte. Nous l'avons aussi discutée dans un article précédent et nous ne ferons que résumer nos résultats antérieurs en les appuyant sur nos observations présentes.

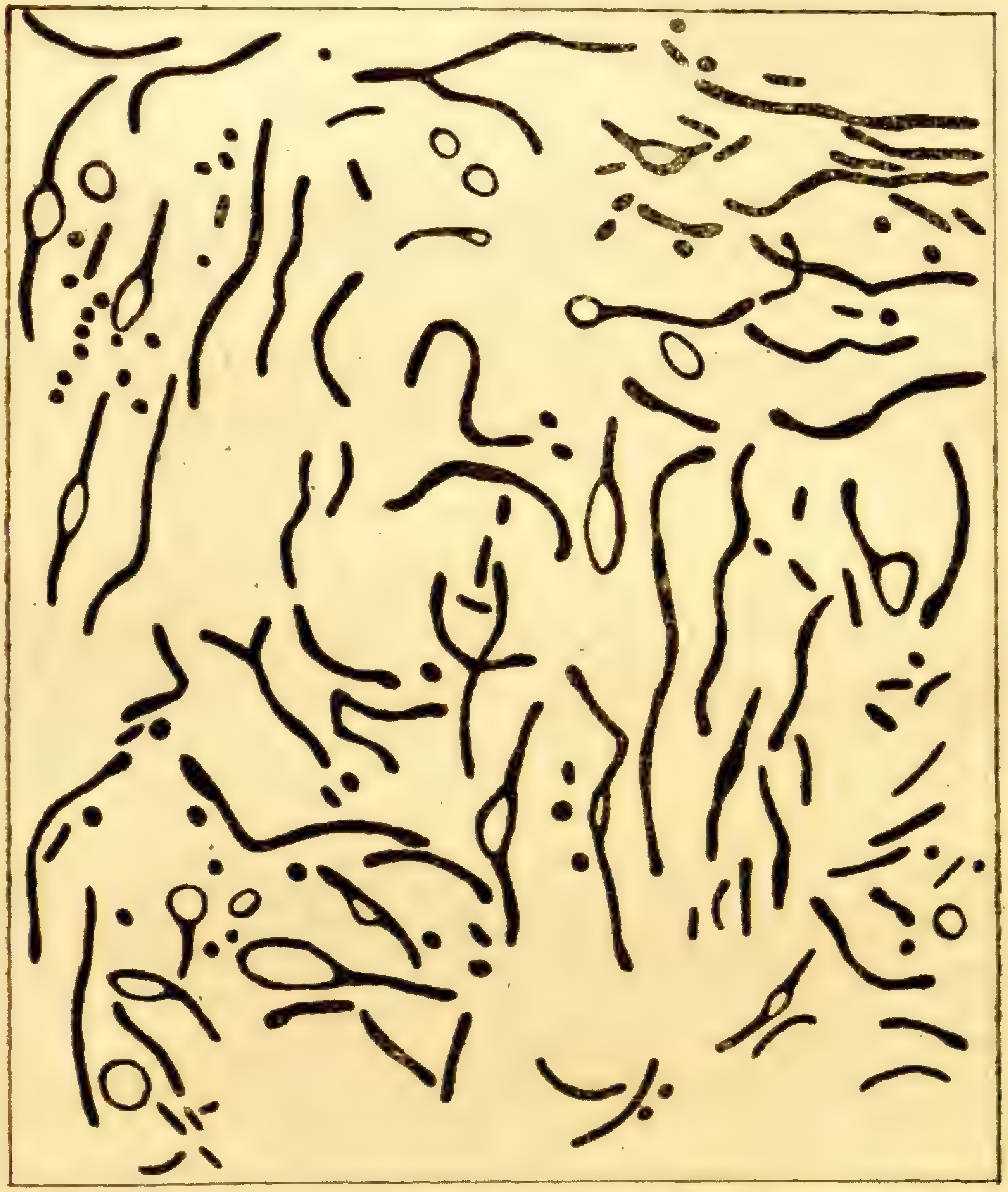


Fig. 28. — Chondriome des basides de *Psalliota campestris.* (Méthode de Regaud, gr. 3000).

*A priori*, cette théorie soulève une objection qui n'est point négligeable. En effet, on sait que d'après les travaux de divers auteurs, entre autres de Prenant, la plupart des pigments de la cellule animale sont élaborés au sein de mitochondries, les *chromochondries*, qui présentent les mêmes formes et les mêmes caractères histo-chimiques que les chromoplastides de beaucoup de fleurs. Il est donc difficile d'admettre que les chromochondries de la cellule animale ne soient pas homologuables aux chromoplastides de la cellule végétale.

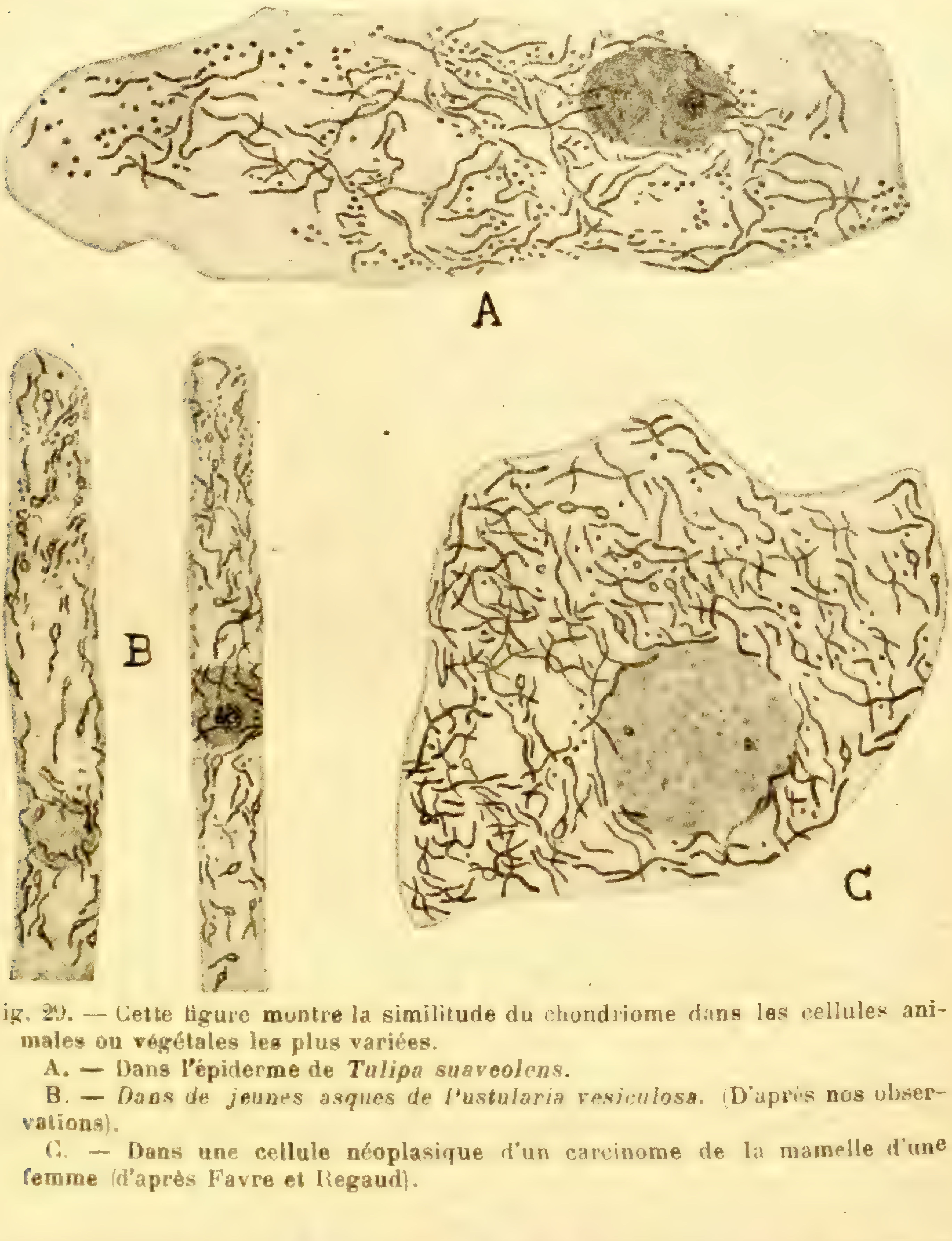


Fig. 29. — Cette figure montre la similitude du chondriome dans les cellules animales ou végétales les plus variées.

A. — Dans l'épiderme de *Tulipa suaveolens*.

B. — *Dans de jeunes asques de Pustularia vesiculosa.* (D'après nos observations).

C. — Dans une cellule néoplasique d'un carcinome de la mamelle d'une femme (d'après Favre et Regaud).

En fait, l'observation vitale du développement des cellules épidermiques des pétales de Tulipe, contrôlée par l'étude des coupes fixées et colorées, montre, comme on l'a vu, qu'au début le chondriome est exclusivement constitué par des mitochondries granuleuses ou en forme de courts bâtonnets.

Ce n'est qu'un peu plus tard qu'apparaissent les *chondriocontes* qui résultent de la croissance en longueur d'une partie des mitochondries granuleuses. Dans les cellules adultes, le chondriome apparaît constitué à la fois par des chondriocontes et par des mitochondries granuleuses qui ont conservé leur forme primitive.

Tous ces éléments semblent avoir la même origine et offrent les mêmes dimensions et les mêmes caractères histo-chimiques. Ce chondriome présente d'ailleurs exactement la même allure que celui de la cellule animale que nous avons observée comparativement sur des préparations que nous ont obligeamment prêtées les Drs Regaud, Favre, Policard et Dubreuil ; il est également tout à fait semblable à celui que nous avons mis en évidence dans les Champignons où il n'existe pas de plastides (fig. 28 et 29).

En observant la suite du développement, nous avons constaté cependant que les chondriocontes et les mitochondries granuleuses évoluaient différemment : les premiers forment sur leur trajet des grains d'amidon, puis dans les variétés jaunes élaborent le pigment xanthophyllien : les mitochondries granuleuses au contraire restent sans fonction apparente.

Des phénomènes semblables s'observent dans tous les exemples que nous avons observés, seulement les mitochondries élaboratrices peuvent acquérir des différenciations, se transformer en plastides. La présence dans la cellule végétale de ces deux catégories de mitochondries évoluant différemment a servi d'arguments à Mottier en faveur de sa théorie. Mais tout ceci est superposable à ce qui a été constaté chez les animaux, notamment par Regaud et Champy : lorsqu'une cellule élabore un produit par son chondriome, on constate qu'une partie du chondriome ne participe pas à cette élaboration, il perpétue le chondriome.

Enfin, ce qui rapproche encore l'analogie entre le processus d'élaboration dans les cellules animales et végétales, c'est que les mitochondries élaboratrices acquièrent parfois une légère différenciation portant à la fois sur leur forme et sur le chimisme. Elles deviennent un peu plus grosses et se colorent d'une manière un peu différente ; certaines sont moins vulnérables par l'acide acétique, ce sont des chondrioplastes comparables aux plastides des végétaux. Bref, il y a dans la cellule animale, comme dans la cellule végétale, des variétés de mitochondries affectées à des fonctions spéciales (1).

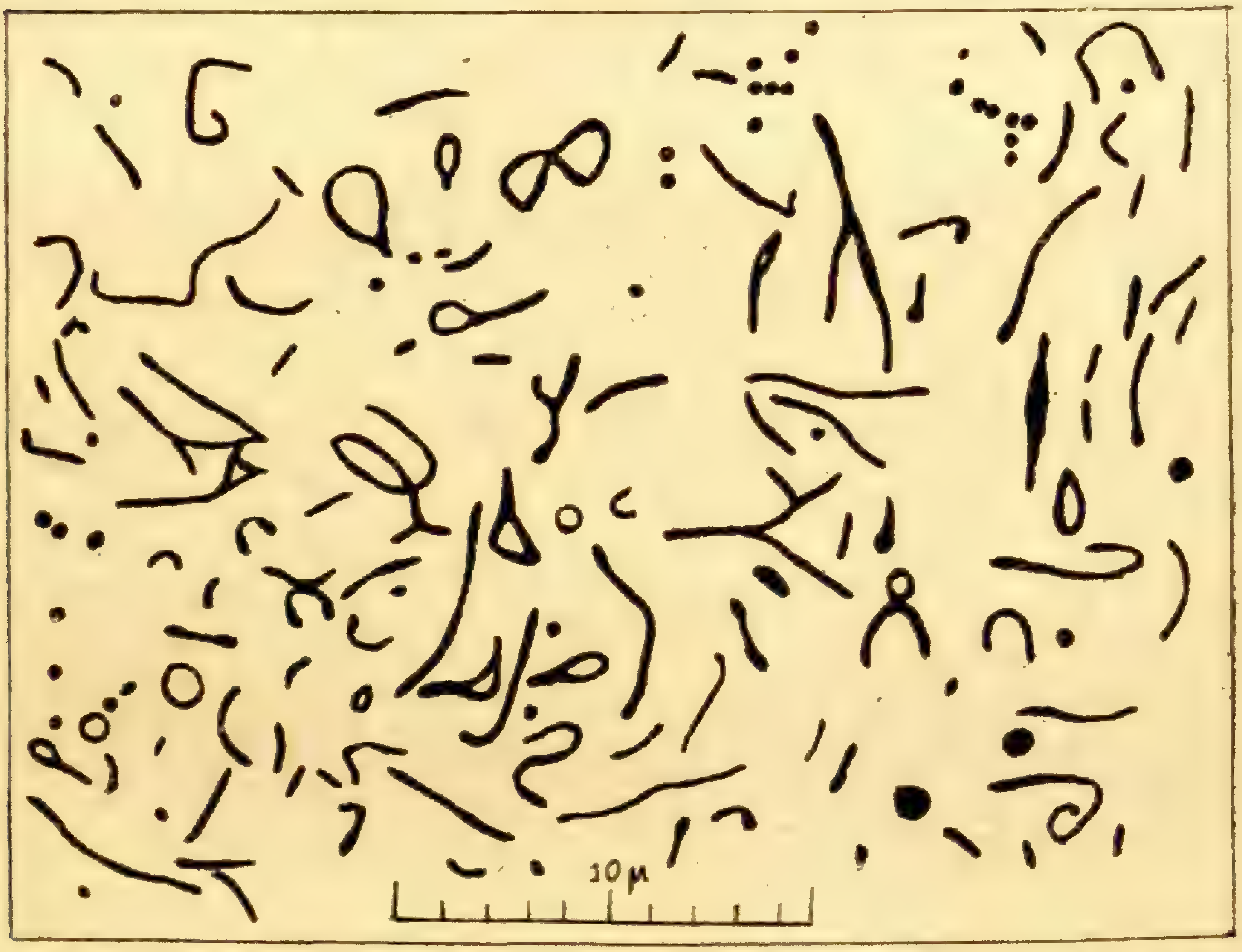


Fig. 30. — Mitochondries du méristème de la racine de Pois dessinées a un grossissement de 3500, d'après une préparation obtenue par la méthode de Regaud (d'après Cowdry).

---

(1) Regaud et Favre ont montré notamment qu'il y avait des mitochondries plus résistantes à l'action de l'acide acétique que d'autres, fait vérifié récemment par Cowdry, et que, dans une même cellule, les mitochondries ne se colorent pas toutes de la même manière : il y a des mitochondries qui se colorent plus facilement que les autres qui n'apparaissent qu'après un mordançage prolongé au bichromate de K. Ils admettent donc qu'il y a de nombreuses variétés de mitochondries adaptées à des fonctions spéciales.

Il resterait à savoir si ces variétés résultent toutes de la différenciation de mitochondries ordinaires au cours du développement, ou représentent des variétés de mitochondries originellement distinctes, évoluant parallèlement.

Il semble résulter des recherches récentes que nous avons faites après l'im-

Tout ceci démontre donc que les plastides sont assimilables aux formations mitochondriales et représentent simplement des mitochondries différenciées en vue de fonction spéciale. C'est d'ailleurs la conclusion à laquelle est arrivé dans des recherches récentes un cytologiste américain étranger à la Botanique, M. Cowdry, à la suite

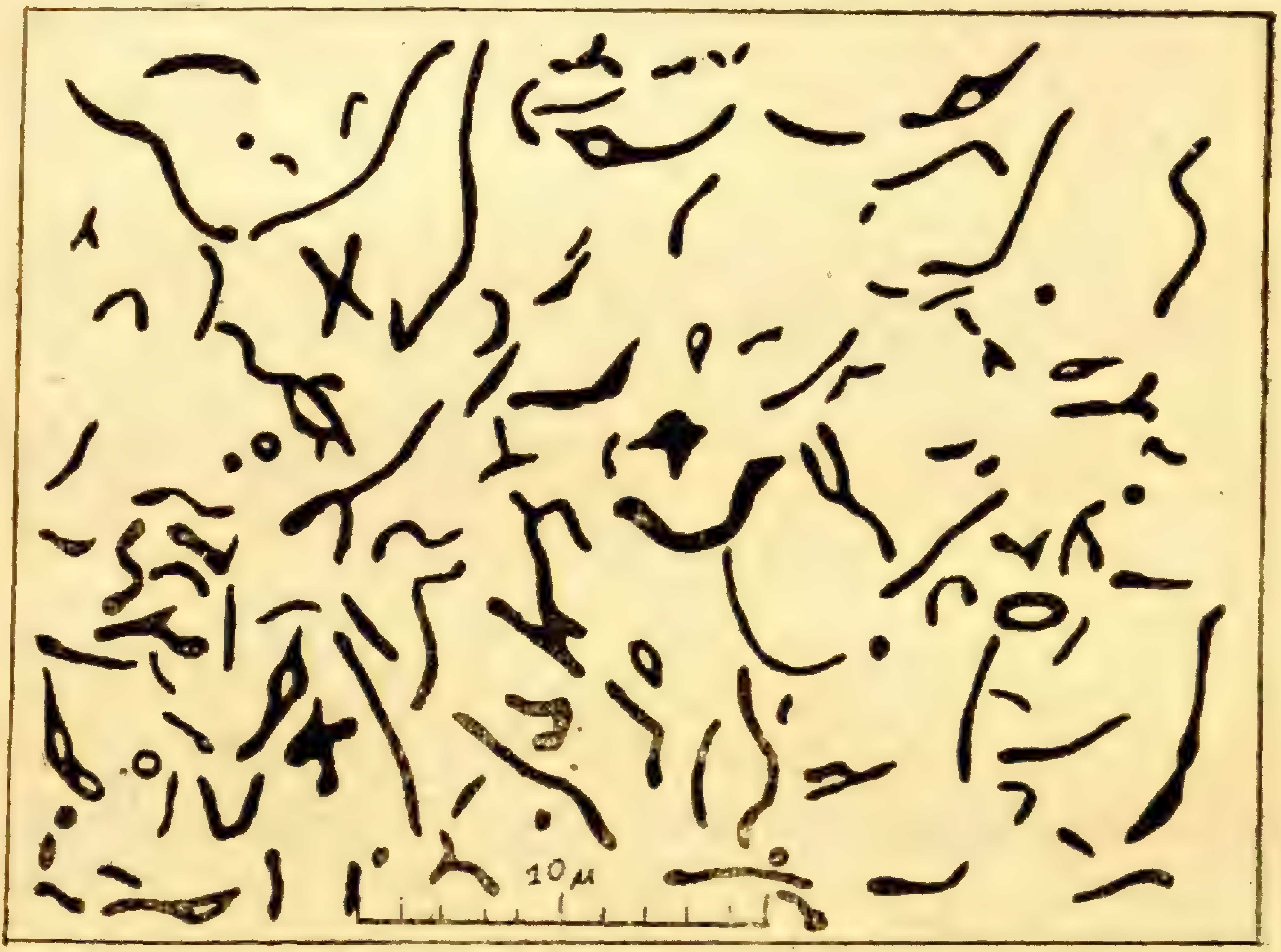


Fig. 31. — Mitochondries du pancréas de la Souris dessinées à un grossissement de 3500, d'après une préparation obtenue par la méthode de Regaud (d'après Cowdry).

pression de ce Mémoire jointes à celles de nos élèves qui seront prochainement publiées, que toutes les mitochondries n'ont pas la même valeur et qu'il y a des variétés distinctes de mitochondries qui se retrouvent dans l'œuf et qui évoluent toujours séparément. Aussi pourrait-on admettre avec Mottier que les plastides des végétaux sont une variété originellement distincte des autres et que les éléments que nous avons désignés sous le nom de mitochondries végétatives n'ont pas la même origine que celles qui donnent naissance aux plastides : mais il est fort difficile, sinon impossible, de distinguer dans les Phanérogames ces deux variétés et il faut avoir recours aux Cryptogames vasculaires ou aux Algues pour pouvoir les différencier. Il est fort possible qu'on retrouve des faits analogues dans la cellule animale.

En tous cas, ce que l'on peut affirmer en toute certitude à l'encontre de Mottier, c'est que ces variétés de mitochondries sont des formations de même valeur, appartenant toutes à une même catégorie d'organites ayant les mêmes caractères physiologiques, histo-chimiques et morphologiques.

de ses recherches comparatives sur le chondriome de la racine de Pois et du pancréas de la Souris (fig. 30 à 32).

Que dans les Muscinées, où la chlorophylle est élaborée d'une manière continue, il y ait une séparation entre les mitochondries différenciées en vue de cette élaboration ou chloroplastides et les mitochondries ordinaires, cela paraît démontré à la suite des résultats concordants de Scherrer, Sapehin et Mottier, mais on ne saurait nullement généraliser ce cas particulier.

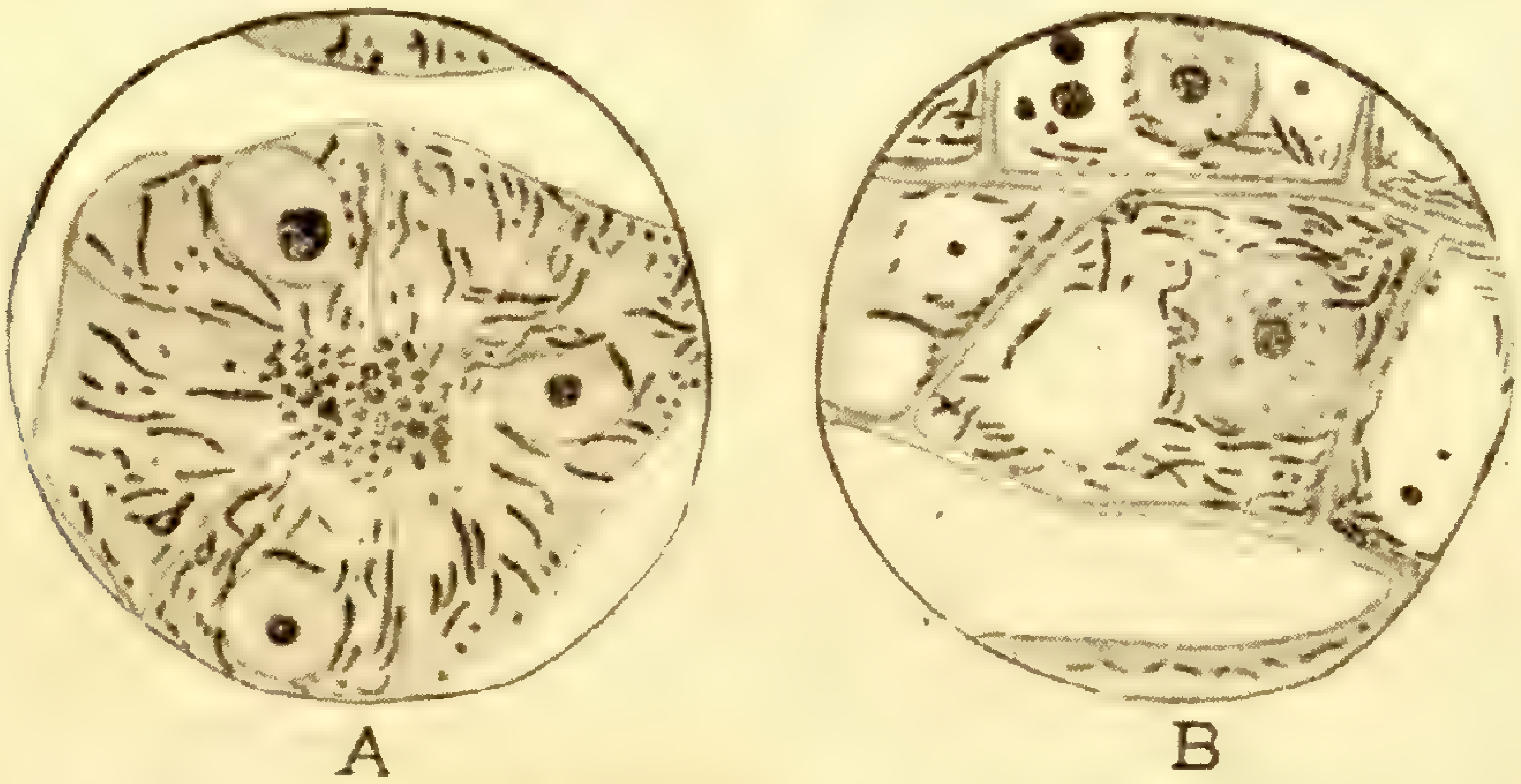


Fig. 32. — A. — Chondriome du pancréas de la Souris.
B. — Chondriome de la racine de Pois. Méthode de Regaud. Gr. 1500 (d'après Cowdry).

## 10) RÉSULTATS GÉNÉRAUX

L'ensemble de nos observations vitales contribuent à éclaircir la connaissance morphologique et physiologique du cytoplasme (1).

---

(1) M. Vuillemin qui a dernièrement fait le procès de la théorie du chondriome, critique les conclusions de nos recherches en s'appuyant sur trois arguments.

1° La composition chimique du chondriome est à peu près inconnue dans le règne végétal.

2° La fonction du chondriome n'est pas plus définie. S'il joue un rôle important dans la sécrétion, il n'en a pas le monopole et ne l'exerce pas toujours. « On peut admettre, dit Vuillemin, que la *plupart* des produits de sécrétion de la cellule s'élaborent au sein des mitochondries... Mais on ne saurait refuser quelque capacité d'élaboration à la moindre parcelle vivante qui se nourrit, qu'elle appartienne au cytoplasme ou au noyau, à moins de rallumer, parmi les éléments de la cellule, la vieille querelle des membres et de l'estomac. La question des mitochondries faisant bande à part évoque le souvenir du fabuliste... Benda voyait dans ses chondriocontes les porteurs de l'hérédité, assistant, inertes, au travail du cytoplasme ; aujourd'hui les rôles sont intervertis ; ce sont les mitochondries qui peinent, tandis que le cytoplasme devient un simple spectateur de la nutrition cellulaire. »

Ces observations apportent des sujets d'étude qui permettent de suivre avec la plus grande précision sur le vivant la formation des pigments xanthophylliens, carotiniens, des grains d'amidon, des globules graisseux et de chlorophylle au sein des mitochondries et de démontrer que les plastides de Schimper ne sont que des formes plus ou moins différenciées des mitochondries.

Nous avions déjà réussi, dans nos précédentes recherches, à mettre en évidence des grains d'amidon dans l'intérieur des chondriocontes en traitant par l'iodo-iodure des préparations fixées et colorées par la méthode de Regaud. C'était la preuve rigoureuse que l'amidon est le produit de l'activité des mitochondries. Néanmoins, on pouvait objecter encore qu'il s'agissait de fixation défectueuse et

---

3° On n'est pas d'accord sur la division des mitochondries. Les uns admettent que les mitochondries se divisent, mais d'après M. Dangeard, « l'origine des microsomes est entourée d'obscurité ; on pourrait avancer l'idée que ces particules se multiplient par bipartition ; mais la preuve est presque impossible à fournir, car lorsque les deux moitiés d'une forme diplocoque se séparent, il est impossible de dire si cette forme n'était pas une simple association. »

Nous nous permettrons de faire remarquer à M. Vuillemin :

1° que si la composition chimique du chondriome reste encore obscure, les mitochondries sont caractérisées par tout un ensemble de réactions histo-chimiques qui leur sont propres et qui permettent de les reconnaître facilement et qu'il y a concordance parfaite à ce point de vue entre les mitochondries de la cellule animale et celles de la cellule végétale. C'est ce que démontrent d'une manière incontestable nos recherches ainsi que celles de Cowdry.

2° que la physiologie cellulaire est encore trop mal connue pour que l'on puisse définir à l'heure actuelle les fonctions respectives du chondriome et du cytoplasme, puisqu'on ignore complètement le mécanisme par lequel les mitochondries contribuent aux élaborations.

Il ne nous paraît pas vraisemblable d'admettre que *tous les produits de sécrétion* de la cellule soient élaborés par les mitochondries, et même nous pensons qu'on a beaucoup exagéré à ce point de vue le rôle de ces organites en cytologie animale et que leur rôle élaborateur est limité à une certaine catégorie de produits. Que les mitochondries soient le siège de beaucoup de produits d'élaboration, cela ne signifie pas que le cytoplasme et même le noyau n'aient aucun rôle dans la sécrétion, puisque les matériaux aux dépens desquels s'édifient les produits d'élaboration au sein des mitochondries sont puisés dans le cytoplasme. M. Vuillemin interprète donc fort mal notre pensée en prétendant que nous faisons passer le cytoplasme au rang de simple spectateur de la nutrition de la cellule. Comme tous les Botanistes, M. Vuillemin ne songe pas, croyons-nous, à nier le rôle élaborateur des plastides : on conçoit dès lors difficilement les critiques formulées par l'éminent botaniste.

3° Quant à la division des mitochondries, nous pensons qu'elle est suffisamment démontrée par nos recherches et la citation de M. Vuillemin est assez mal choisie parce que les microsomes de M. Dangeard n'ont jamais passé pour des mitochondries : ce sont des gouttelettes graisseuses, produits de nutrition ou de constitution du cytoplasme, qui ne sont pas des organites vivants et n'ont par conséquent pas le pouvoir de se diviser.

que les chondriocontes étaient des artifices de préparation. Aujourd'hui nous apportons des objets d'étude qui permettent d'observer ce processus ainsi que l'élaboration des pigments sur des cellules vivantes avec plus de netteté encore que sur des préparations colorées artificiellement, ce qui augmente encore la rigueur de notre démonstration et la rend inattaquable. Nous espérons que ces faits si faciles à vérifier par une simple observation vitale de quelques minutes, sans préparation spéciale, convaincront les nombreux auteurs qui contestent encore l'origine mitochondriale ou mieux la nature mitochondriale des plastes végétaux et le rôle élaborateur des mitochondries.

En même temps, nos observations apportent une preuve sérieuse en faveur de l'opinion qui admet, en cytologie animale, que les mitochondries sont des organites élaborateurs. Cette opinion étant fondée exclusivement sur des préparations fixées et colorées, apparaît beaucoup moins fondée qu'en cytologie végétale et avait besoin de cette confirmation.

Bien qu'il subsiste encore beaucoup de points obscurs dans cette vaste et importante question, l'ensemble des faits observés dans l'étude vitale de la cellule nous donne des renseignements très précis sur les caractères morphologiques, physiologiques et évolutifs des mitochondries. Ils apportent une base solide aux conceptions modernes soutenues par un certain nombre d'auteurs, entre autres Schneider, Albrecht, Gaidukow, Mann, Löb, Chodat, A. Mayer et ses collaborateurs, Fauré-Fremiet, qui tendent à admettre que le cytoplasme est une substance d'aspect homogène, probablement à l'état de gel colloïdal, renfermant en suspension des granules n'appartenant pas à ce gel. On peut, en effet, admettre, à la suite de nos recherches, que le cytoplasme est constitué par une substance homogène, cytoplasme proprement dit, des gouttelettes graisseuses, et par un chondriome formé par un plus ou moins grand nombre de mitochondries.

Ces éléments qui ne peuvent se former que par division de mitochondries préexistantes paraissent être une des parties les plus vivantes du cytoplasme et jouer un rôle physiologique prépondérant, puisqu'il est démontré que c'est dans leur sein que se forment certains produits de l'élaboration cellulaire.

Cette conception, qui a été déjà formulée dans ces dernières années par Fauré-Fremiet, Lewitsky, Maximow, n'a jamais été appuyée sur des faits aussi précis, car on n'a pas trouvé jusqu'ici de cellules qui se prêtent aussi bien à l'étude vitale du cytoplasme que les cellules épidermiques qui nous ont servi d'objets d'observation et d'expériences. Ajoutons que cette conception achève de démontrer l'identité de la cellule animale et de la cellule végétale que l'on distinguait jusqu'ici par le fait que l'une possédait des plastides et que l'autre en était dépourvue. Etant donné que toutes les recherches physiologiques modernes démontrent que la cellule animale et la cellule végétale fonctionnent d'une manière identique, ce résultat n'a pas lieu de nous étonner.

## 11) HYPOTHÈSES RELATIVES A LA STRUCTURE DU CYTOPLASME

Ceci nous conduit à abandonner, pour un instant, le domaine des faits pour entrer dans celui des hypothèses.

On sait que, depuis fort longtemps, la question de la structure du cytoplasme a exercé l'imagination des cytologistes et qu'on a formulé un grand nombre de théories,

Parmi les nombreuses théories, nous ne retiendrons que les plus importantes, c'est-à-dire :

la théorie réticulaire,
la théorie alvéolaire,
la théorie filaire,
la théorie granulaire.

La théorie réticulaire (Hanstein 1888) admet que le cytoplasme est formé de filaments anastomosés en réseau ou spongioplasme et d'une matière interposée plus fluide, moins réfringente, désignée sous le nom d'hyaloplasme. Elle traduit assez bien l'aspect que présente le cytoplasme après fixation par les méthodes ordinaires. Elle ne paraît correspondre à aucune réalité, car on a vu que le cytoplasme sur le vivant ne présente jamais cet aspect ; elle semble due à l'altération produite par le fixateur sur le cytoplasme et il est possible qu'une partie du spongioplasme corresponde aux résidus du chondriome.

La théorie alvéolaire ou sphérulaire soutenue par Bütschli (1871-1893) et confirmée chez les végétaux par Crato, considère le cytoplasme comme constitué par des cavités plus ou moins fermées dont les parois sont faites d'une substance relativement compacte et dense, contenant dans leur intérieur une substance plus molle et plus fluide (hyaloplasme), repose en grande partie sur des observations vitales. Elle paraît être également artificielle et comme l'ont montré Verworn, Degen, Fauré-Fremiet, et comme le confirment nos observations présentes, elle est due à diverses actions physiques sur le cytoplasme, du milieu artificiel dans lequel les cellules sont observées. Kunstler la considère comme due à un gonflement d'éléments constitutifs du cytoplasme qu'il désigne sous le nom de sphérules et qui, pour Fauré-Fremiet, correspondent aux mitochondries actuelles. Pour ce dernier auteur, la majeure partie des structures alvéolaires seraient dues à l'altération des mitochondries et à leur transformation en grosses vésicules sous l'influence des milieux hypotoniques, opinion à laquelle nous nous rallions en partie, bien que sous la même action le cytoplasme puisse former de petites vacuoles ou des figures myéliniques qui contribuent aussi à déterminer cet aspect alvéolaire.

La théorie filaire formulée par Flemming (1878), Fromann, Leydig et admise dans la cellule végétale par Schmitz, Strasburger, Matruchot, Haberlandt, repose également sur des faits observés sur le vivant. Elle admet que le cytoplasme est constitué par une substance fondamentale plus fluide (enkylema, paramitome ou hyaloplasme) et une série de fibrilles séparées. Cette théorie est évidemment plus conforme à la réalité et il est très vraisemblable d'admettre que les fibrilles observées correspondent à une partie du chondriome (chondriocontes).

La théorie granuleuse a pris une extension plus grande que les autres. Soutenue pour la première fois par le zoologiste français Kunstler (1882), elle se trouve en germe dans la théorie des microzymas de Béchamp et dans la théorie micellaire de Nœgeli.

L'idée essentielle se retrouve dans une théorie formulée d'une manière purement théorique par Detmer et précisée par le botaniste Wiesner (1892). Frappé par l'importance des phénomènes de division en biologie (division nucléaire, division des plastides), l'auteur pose en principe que dans l'intérieur d'un organisme, le vivant naît toujours du vivant, l'organisé de l'organisé et ne se forme jamais spontanément aux dépens de simples substances chimiques : sucre, corps gras, albuminoïdes. De là, Wiesner est conduit à admettre que la division doit se retrouver dans les parties vivantes de la cellule que nos moyens d'investigation ne permettent pas d'atteindre. Aussi admet-il que le protoplasme ne saurait, sans division intérieure, se régénérer. Les parties vivantes de la cellule seraient donc formées de petites individualités organisées qui possèdent la propriété de se multiplier par division (1). Ces particules seraient en outre douées du pouvoir de s'accroître et d'assimiler. La substance vivante consisterait donc en un ensemble de petites individualités que Wiesner appelle *plasomes*. La cellule serait, par rapport aux plasomes, un véritable organisme en contact avec les liquides cellulaires ; les plasomes se différencieraient plus ou moins pour s'adapter aux diverses manifestations de l'activité cellulaire. Le plasome s'accroît par absorption des matières dissoutes qui pénètrent dans sa masse conformément aux lois de la diffusion.

Cette théorie purement hypothétique, ne s'appuyant sur aucun fait observé, rentre dans le domaine des faits avec Kunstler (1882) et Altmann (1886). Kunstler admet que le cytoplasme est constitué par une substance homogène renfermant un grand nombre de sphérules. Celles-ci peuvent se gonfler, devenir vacuolaires et donner l'illusion d'une structure alvéolaire. Pour Kunstler, le sphérule est un élément anatomique analogue à la cellule, mais d'ordre inférieur.

---

(1) Certains auteurs, s'appuyant sur le fait que les mitochondries ne peuvent se former que par division comme le noyau et que, pendant la division cellulaire, elles se distribuent en parties à peu près égales entre les deux pôles, ont été amenés à comparer les mitochondries aux chromosomes et à admettre que les mitochondries auraient un rôle dans l'hérédité, représenteraient dans le cytoplasme ce que l'on pense que les chromosomes représentent dans le noyau. Cette théorie surtout soutenue par Meves a été précisée dans ces dernières années. Elle tend à vérifier les idées théoriques de Wiesner. On a cru constater qu'au cours de la mitose, les mitochondries subissaient chacune une division et que le nombre des mitochondries-filles qui se distribuent entre les deux cellules-filles est rigoureusement égal. (Voïnow). On a soutenu également que dans la spermatogénèse et l'ovogénèse, il y aurait réduction de moitié des mitochondries mâles et femelles (Wilson) et dans la fécondation fusion des mitochondries mâles et femelles.

Ces résultats sont à notre avis probablement erronés : nous avons pour notre part souvent observé la manière dont se comporte le chondriome pendant la mitose nous avons constaté que les mitochondries se distribuaient bien entre les deux pôles, mais jamais nous n'avons pu remarquer aucune régularité dans le phénomène.

Malgré les exagérations de cette théorie, il est cependant permis, tout en admettant le rôle élaborateur des mitochondries qui est le seul fait démontré, de penser avec Meves que le chondriome participe à l'hérédité comme tout élément vivant, et dans un précédent Mémoire, peut-être avons-nous exagéré en affirmant que le chondriome ne paraissait jouer aucun rôle dans l'hérédité.

qui aurait sur cette dernière l'avantage de représenter une unité morphologique. Le sphérule est capable d'assimiler, de se diviser au même titre que les unités vivantes connues.

Altmann (1886-1894), à l'aide d'une technique spéciale, parvient à mettre en évidence dans le cytoplasme des cellules animales les plus variées de petits organites en forme de grains ou de filaments, ressemblant beaucoup à des Bactéries. L'auteur les désigne sous le nom de bioblastes ou organismes élémentaires. Ces organites sont doués d'une vie propre et capables de se multiplier par division. Altmann attribue aux bioblastes les fonctions les plus importantes et les plus générales de la vie, entre autres, l'élaboration des produits de sécrétion (graisse, pigments, zymogène). A la suite de cette découverte, Altmann est amené à assimiler les bioblastes à des organismes élémentaires qui vivraient dans une substance fluide et homogène ou substance fondamentale du cytoplasme. Les bioblastes seraient autant d'unités physiologiques qui, par leur réunion, formeraient la cellule; une Bactérie est pour Altmann l'homologue d'un bioblaste. On a reconnu depuis la réalité des sphérules de Kunstler et des bioblastes d'Altmann dont l'assimilation aux mitochondries actuelles ne fait aucun doute.

R. Dubois (1887) a lui-même admis que le cytoplasme est constitué par des unités nommées vacuolides dont la caractéristique est de se présenter sous forme de petites vacuoles et qui reposent sur une substance fondamentale aqueuse. Ces vacuolides sont des éléments capables de se diviser et d'assimiler, et dans leur intérieur s'effectueraient les phénomènes physiologiques les plus importants de la cellule. « En raison même de sa structure, le vacuolide est le siège de phénomènes osmotiques auxquels viennent s'ajouter les forces de diffusion, les énergies ioniques, etc... et tout cela est susceptible de variations intenses sous les plus faibles influences : ébranlement, variation de température, changement dans l'état d'équilibre du milieu et des éléments. »

On doit convenir que la question de la structure du cytoplasme telle qu'elle a été posée était stérile et la plupart des théories que nous venons d'analyser ne sauraient être considérées que comme de simples vues de l'esprit. Tout d'abord beaucoup reposent sur l'observation de cellules fixées et par conséquent de protoplasme inévitablement modifié par le fixateur. Ensuite, elles recherchent une structure là où il n'y en a sans doute pas. Il est difficile de concevoir qu'une substance aussi mobile, qui est le siège de phénomènes chimiques incessants, puisse avoir une structure. Les conceptions récentes rendent fort probable que le cytoplasme est à l'état de solution colloïdale, pouvant modifier ses aspects selon les circonstances.

Il n'y a que le chondriome qui se présente à l'état figuré dans le cytoplasme dont l'aspect, dans la cellule inaltérée, paraît être le plus souvent homogène. Ce chondriome possède une forme variable selon l'âge et le fonctionnement de la cellule.

Si nous avons cru devoir passer en revue ces diverses théories, ce n'est donc pas pour formuler une nouvelle théorie de la structure du cytoplasme, théorie dont nous contestons la légitimité : nous nous bornerons exclusivement au fait. Mais nous tenons à faire ressortir que les faits qui résultent des recherches récentes sur le cytoplasme et le chondriome vérifient, en partie, la théorie granulaire en la précisant. Assurément, ils n'aboutissent pas à considérer les mitochondries qui correspondent aux grains des auteurs comme des unités morphologiques, ainsi que ces auteurs l'admettaient, car ils ne font que consolider la théorie cellulaire qui considère la cellule comme la seule unité morphologique et physiologique de l'organisme ; mais ils démontrent que le cytoplasme est constitué par un grand nombre de petits organites capables de s'accroître, de se diviser et au sein desquels s'effectuent des phénomènes très importants de la vie cellulaire.

## B. MODE DE FORMATION
## DES PIGMENTS XANTHOPHYLLIENS ET CAROTINIENS

Rappelons que d'après W. Schimper, A. Meyer et Courchet, les pigments xanthophylliens et carotiniens des fleurs et des fruits sont toujours le produit de l'activité des chromoplastes.

Ces éléments peuvent provenir soit de la métamorphose de chloroplastes, soit de la différenciation de plastes indifférenciés ou leucoplastes. Ces leucoplastes proviendraient comme ceux qui donnent naissance aux chloroplastes de petits leucoplastes qui existent dans l'œuf et se transmettraient de cellule en cellule par division, pendant la formation de l'embryon, pour évoluer ensuite en chloro- amylo- ou chromoplastes dans les tissus différenciés. Mais cette origine des leucoplastes n'a pu être démontrée et restait jusqu'ici très hypothétique.

Les recherches de ces auteurs ont d'ailleurs surtout porté sur les chromoplastes des tissus du mésophylle des fleurs et du mésocarpe des fruits, qui dérivent de la métamorphose des chloroplastes et sont de gros éléments plus faciles à observer que les chromoplastes souvent très menus des cellules épidermiques qui sont le résultat direct de la transformation de leucoplastes, ce qui fait que la question de l'origine des chromoplastes, à partir des petits leucoplastes des méristèmes, n'a jamais été bien précisée.

### 1) DIVERS MODES DE FORMATION DU PIGMENT

Nos recherches qui ont eu surtout pour objet la formation des pigments dans les cellules épidermiques éclaircissent définitivement les obscurités qui subsistaient sur l'origine des chromoplastes et précisent les détails de l'évolution de ces organites. Elles démontrent que les chromoplastes de W. Schimper, A. Meyer et Courchet dérivent des mitochondries et représentent, soit des mitochondries non différenciées ayant élaboré le pigment, soit des formes différenciées, c'est-à-dire des mitochondries accrues ou plastes proprement dits.

La formation des pigments s'effectue, selon les cas, par des procédés divers qui peuvent être groupés en trois types :

A) *Le pigment apparaît sous forme de fines granulations au sein de mitochondries (chondriocontes) ou de chromoplastes issus de mitochondries (chondriocontes).* L'exemple le plus simple de ce mode nous est offert par les cellules épidermiques des pétales de la fleur de Tulipe. Les cellules les plus jeunes renferment un chondriome constitué surtout par de courts bâtonnets et des mitochondries granuleuses. Ces éléments se multiplient pendant la croissance de la cellule, puis une grande partie d'entre eux prennent la forme de chondriocontes allongés, onduleux, parfois ramifiés. Les mitochondries granuleuses qui subsistent constituent la partie végétative du chondriome, tandis que les chondriocontes deviennent les mitochondries élaboratrices. Après avoir formé sur leur trajet de petits grains d'amidon transitoires, ces éléments s'imprègnent d'un pigment jaune du groupe des xanthophylles qui paraît être à l'état de granulations tellement fines qu'il est difficile de les distinguer, et qu'on a parfois l'impression d'un pigment diffus. C'est à cet état qu'on retrouve les chondriocontes dans la fleur épanouie.

Le pigment est donc ici entièrement élaboré dans des chondriocontes et il ne se forme pas à proprement parler de chromoplastes. Ces chondriocontes ont été décrits par Schimper comme des chromoplastes en bâtonnets, ce qui prouve une fois de plus que les plastides de Schimper ne sont pas autre chose que des mitochondries.

Dans les cellules épidermiques des pétales de la fleur d'*Iris germanica*, les phénomènes sont les mêmes au début, les chondriocontes élaborent d'abord des petits grains d'amidon et se chargent de pigment xanthophyllien, seulement les chondriocontes une fois imprégnés de pigment s'épaississent et forment sur leur trajet de petits renflements, qui peuvent se séparer par résorption des parties effilées des chondriocontes qui les réunissent et constituer de véritables chromoplastes arrondis, typiques, ou bien rester fixés sur le chondrioconte générateur. Les mêmes faits s'observent dans les cellules épidermiques de *Begonia* et de *Fritillaria imperialis*.

Dans les mêmes cellules d'autres espèces d'*Iris* (*Iris fœtidissima*, *pseudacorus*, etc., les renflements des chondriocontes se séparent toujours pour donner de très bonne heure des chromoplastes arrondis typiques. Dans tous ces exemples, le pigment se présente sous forme diffuse ou finement granuleuse.

Avec l'épicarpe du fruit d'*Arum maculatum*, on assiste à la formation d'un pigment rouge du groupe des carotines qui apparaît à l'état de granulations très nettement individualisées. Les chondriocontes forment sur leur trajet une série de petits renflements destinés à élaborer le pigment et qui représentent de petits plastes. Mais ceux-ci restent généralement fixés sur les chondriocontes générateurs. Dans chaque renflement, on voit se former de petits grains d'amidon, puis cet amidon se résorbe et les renflements se remplissent de petits grains de pigment rouge.

Des phénomènes analogues se retrouvent dans les cellules épidermiques des pétales de *Lilium pompeianum*, variété corail, et dans les cellules de l'épiderme de l'arille de *Taxus baccata*.

Le fruit d'*Asparagus officinalis* produit également, dans son épicarpe, un pigment rouge du groupe des carotines qui apparaît à l'état de grains très distincts. Les chondriocontes forment des renflements qui se séparent sous forme de petits plastes incolores, arrondis. Ces leucoplastes, au bout d'un certain temps, se transforment en chromoplastes : ils se remplissent de petits grains rouges de carotine.

B) *Le pigment se forme au sein de mitochondries (chondriocontes) ou de chromoplastes issus de mitochondries (chondriocontes) sous forme de cristaux.*

C'est ce qui se trouve réalisé dans l'épiderme interne des pétales de la fleur de Glaïeul où certaines régions renferment un pigment xanthophyllien jaune associé à un pigment jaune orangé du groupe des carotines. Ici les chondriocontes s'imprègnent d'abord du pigment jaune pâle qui apparaît à l'état diffus ou finement granuleux. Plus tard un nouveau pigment jaune orangé apparaît dans l'intérieur des chondriocontes sous forme d'une longue aiguille occupant l'axe de ces éléments et leur donnant un aspect cristallin. Il y a des variétés de Glaïeul où le pigment carotinien seul existe ; il se cristallise sous forme de plusieurs aiguilles placées sur la périphérie du chondrioconte et lui donne la forme de fuseau très caractérisé.

Des phénomènes assez semblables s'observent dans l'épiderme des fleurs de Courge et d'*Amaryllis lutea*, mais les chondriocontes commencent par verdir légèrement : ils élaborent d'abord une chlorophylle transitoire qui est bientôt remplacée par de la xanthophylle, puis par le pigment cristallisé.

Dans l'épiderme de la fleur de *Clivia nobilis*, le pigment rouge du groupe des carotines apparaît dans des chondriocontes allongés, d'abord à l'état de fines granulations, puis sous forme d'une ou plusieurs aiguilles cristallines.

Dans d'autres cas (épiderme des pétales de *Canna* florifère, épicarpe du fruit de *Solanum dulcamara* et *lycopersicum*, Bryone dioïque, le pigment rouge ou jaune orangé du groupe des carotines apparaît dans des plastes arrondis dérivés de chondriocontes qui prennent ensuite l'aspect de fuseaux ou de triangles par suite de la cristallisation en leur sein du pigment sous forme de minces aiguilles. Ces aiguilles sont rassemblées à la périphérie du plaste. Il peut dans certains cas (Solanées), être précédé de la production d'une chlorophylle transitoire. Les plastes peuvent, à la dégénérescence, se gonfler, éclater et mettre en liberté les cristaux comme l'ont admis Weiss et Courchet, mais il s'agit là d'un processus de dégénérescence.

C) *Le pigment se forme à l'état diffus, granuleux ou cristallin dans de gros chromoplastes résultant de la métamorphose de chloroplastes anciennement formés aux dépens des mitochondries.*

C'est le cas qui a été surtout observé par W. Schimper, A. Meyer et Courchet, et qui se retrouve dans les tissus parenchymateux de la plupart des fleurs et des fruits. Lorsque le pigment est à l'état nettement granuleux (Fleur de Glaïeul, de *Lilium pompeianum*, par exemple), il commence à apparaître dans le plaste avant la disparition de la chlorophylle. Si le pigment est à l'état diffus ou granuleux, les chromoplastes conservent généralement la forme arrondie des chloroplastes, dont ils dérivent, tout en présentant certaines irrégularités dans leur contour (fruit d'*Arum*, d'Asperge, fleurs de *Lilium pompeianum*) ; si, au contraire, le pigment est cristallin, il détermine, le plus souvent, un changement de forme du plaste qui prend l'aspect de fuseau ou de triangle (Fruit de *Rosa canina*, fleurs de Glaïeul, *Clivia*, Courge, *Begonia*).

Dans tous les cas observés, le chondriome présente dans les stades les plus jeunes, comme nous l'avons fait ressortir précédemment, surtout de courts chondriocontes et des mitochondries granuleuses, et les chondriocontes allongés des stades postérieurs résultent de la croissance en longueur de ces éléments. Au moment de la pigmentation, les mitochondries granuleuses qui subsistent constituent la partie végétative du chondriome et les chondriocontes la partie élaboratrice.

### 2) Aspect cristallin de certains chromoplastes.

On a vu plus haut que beaucoup de plastes incomplètement formés restant pourvus d'appendices effilés, restes des chondriocontes initiaux, et présentant des caractères intermédiaires entre les chondriocontes et les plastes parfaits, prennent un aspect cristallin que Schimper et Meyer, ignorant leur origine, ont attribué à tort, semble-t-il, du moins dans beaucoup de cas, à l'existence dans ces plastes d'un cristalloïde de protéine en aiguille dont le développement aurait déterminé l'allongement du plaste primitivement arrondi.

Ces aspects se retrouvent fréquemment dans les chromoplastes, qui ne renferment cependant qu'un pigment amorphe et Schimper et Meyer admettent qu'il y a des chromoplastes dépourvus de pigments cristallisés, mais qui renferment un cristalloïde de protéine et d'autres qui contiennent à la fois un pigment cristallisé et un cristalloïde de protéine.

L'un des exemples de chromoplastes à pigment amorphe et à allure cristalline se trouve réalisé par les chromoplastes de l'épiderme des pétales d'*Iris pseudacorus*. Ces éléments qui dérivent de chondriocontes offrent, une fois formés, des aspects anguleux qui rappellent les cristalloïdes et que Schimper attribue à une cristallisation. Mais nos observations montrent qu'ils n'ont pas les propriétés optiques des cristaux.

Les chromoplastes de l'épicarpe du fruit d'*Arum italicum*, que nous avons étudié spécialement dans ces recherches, sont également cités par Schimper comme des éléments renfermant un cristalloïde de protéine. Nous avons vu que ces éléments résultent de chondriocontes allongés, minces et flexueux. Ces chondriocontes forment, sur leur trajet, de petits renflements, au nombre de 1 à 3 ou plus, qui restent reliés entre eux par les parties effilées des chondriocontes générateurs. Les petits renflements qui constituent des chromoplastes restés à l'état d'ébauche se remplissent de grains de pigment rouge et la partie effilée qui les réunit reste généralement incolore. Schimper admet que ces formations proviennent de petits leucoplastes incolores. Ces éléments s'allongent ensuite par suite de la formation dans leur partie axiale d'un cristalloïde protéique. La partie effilée représenterait donc pour A. Meyer une aiguille cristalline. Nos observations prouvent manifestement que cette opinion est erronée. Elles montrent que la partie effilée de ces éléments représente le reste du chondrioconte générateur et qu'elle n'offre d'ailleurs aucune biréfringence. Il y a bien des cas où les chromoplastes une fois formés, ces parties effilées prennent un aspect rectiligne et rigide, mais le plus souvent elles conservent l'aspect onduleux du chondrioconte. Enfin, et c'est là un argument décisif, ces parties effilées ne restent pas toujours incolores et très souvent élaborent comme les parties renflées des granulations pigmentaires.

On voit donc que l'on peut admettre que, dans la majorité des cas, la forme soi-disant cristalline des chromoplastes s'explique simplement par le fait qu'ils dérivent de chondriocontes et conservent souvent la forme allongée des chondriocontes. La théorie de Schimper et Meyer est donc très exagérée sinon inexacte.

### 3) Mitochondries et plastes

Nous avons dit qu'en cytologie animale, on admet que les mitochondries peuvent élaborer, soit directement, soit après s'être différenciées en corpuscules plus gros que l'on a désignés sous le nom de *chondrioplastes* (Prenant, Champy, Regaud) par analogie avec les plastes ou plastides des végétaux. Dans nos recherches antérieures, nous avons démontré que les plastides des végétaux semblent correspondre effectivement aux chondrioplastes de la cellule animale et dérivent tous de mitochondries qui avaient été incomplètement observées par W. Schimper et A. Meyer et considérées par ces auteurs comme des leucoplastes indifférenciés. Ces auteurs s'étant bornés à des observations vitales insuffisantes et ne possédant pas de méthodes permettant la différenciation de ces éléments sur coupes colorées n'avaient pas vu les formes caractéristiques des mitochondries. Nos recherches démontrent clairement que les plastides ne sont pas autre chose que des formes tardives de l'évolution des mitochondries dont on n'avait pas observé jusqu'ici les stades initiaux. Nous avons réservé le nom de mitochondries aux éléments qui présentent les formes caractéristiques des organites décrits sous ce nom dans la cellule animale et nous avons conservé le nom de plastes ou plastides aux corpuscules dérivés de la différenciation d'une partie des mitochondries des tissus embryonnaires et qui correspondent aux éléments depuis longtemps connus sous ce nom en Botanique.

Il est bon de faire remarquer que cette distinction de mitochondries et de plastes, si elle offre l'avantage d'être commode, n'est point conforme à la realité, et qu'il n'existe pas de limite précise entre les mitochondries et les plastides.

On a vu, en effet, que dans tous les cas où ils ne sont pas élaborés dans des chloroplastes préalablement formés aux dépens de mitochondries, les pigments xanthophylliens et carotiniens apparaissent toujours, sauf de rares exceptions, au sein des chondriocontes eux-mêmes. Parfois le phénomène s'arrête là et les chondriocontes imprégnés de pigment conservent leur forme primitive pendant toute la durée de l'évolution de la cellule (épiderme des pétales de Tulipe par exemple). Mais le plus souvent, lorsque le pigment est élaboré en grande abondance, les chondriocontes forment sur leur trajet de petits renflements qui grossissent au fur et à mesure que le pigment s'élabore et finalement se séparent par rupture des parties amincies qui les réunissent pour se transformer en chromoplastes arrondis de plus ou moins grande dimension. Entre les deux modes, il y a le cas intermédiaire où les petits renflements, qui sont des ébauches de plastes, restent réunis par les parties effilées du chondrioconte lesquelles ne se résorbent pas.

Les chromoplastes, comme les autres plastes (amylo- et chloroplastes), apparaissent donc simplement comme le résultat d'un accroissement exagéré de la mitochondrie, nécessité probablement par une élaboration très active. Comme le pigment commence à apparaître dans les chondriocontes eux-mêmes avant leur transformation en chromoplastes, il est donc fort difficile, ainsi que nous l'avons montré dans des recherches précédentes, d'établir une démarcation précise entre la mitochondrie et le plaste qui apparaît comme une simple forme évolutive des mitochondries.

En principe, toute mitochondrie qui est sur le point d'élaborer subit d'abord un certain accroissement de volume, même si elle ne doit pas modifier sa forme caractéristique et se transformer en plaste (1).

C'est ainsi que les chondriocontes chargés de xanthophylle des variétés jaunes de Tulipe sont toujours assez sensiblement plus gros que les chondriocontes correspondant, des variétés blanches. Bien qu'ils offrent les réactions histo-chimiques générales des mitochondries, ils se distinguent des mitochondries granuleuses végétatives qui coexistent avec eux par une moindre chromaticité vis-à-vis de l'hématoxyline ferrique. Cependant, à part ces menues différences, rien ne les distingue des chondriocontes des variétés blanches.

---

(1) Ce phénomène est particulièrement net dans les radicules de Pois, Ricin et Courge où les grains d'amidon sont élaborés directement au sein de chondriocontes. Dans les parties les plus jeunes du méristème, on ne trouve que des chondriocontes typiques ; un peu plus haut, ces éléments, tout en conservant leur forme caractéristique, s'épaississent et deviennent moins chromophiles. C'est à ce moment qu'ils élaborent l'amidon. Dans une coupe fixée par le liquide de Bouin, les chondriocontes typiques des cellules les plus jeunes sont entièrement détruits par le fixateur, tandis que les chondriocontes différenciés des parties plus âgées persistent quoique très altérés.

D'autre part, les chromoplastes arrondis et nettement différenciés de certaines fleurs offrent, en général, les mêmes caractères histo-chimiques que les mitochondries ordinaires, mais s'en distinguent également par de légères différences dans leur chimisme. Ils se colorent moins intensivement par les méthodes mitochondriales et sont plus sensibles aux actions osmotiques que les mitochondries dont ils dérivent. Ils sont donc le résultat d'une différenciation non seulement morphologique, mais aussi chimique des mitochondries. Cette différenciation peut être plus marquée dans le cas des amyloplastes comme nous l'avons montré dans nos recherches antérieures : les amyloplastes se distinguent, en effet, des mitochondries par une vulnérabilité moins grande vis-à-vis de l'acide acétique et de l'alcool ainsi que par une moindre chromaticité.

Cette différence de chimisme s'accentue lorsqu'on envisage les chloroplastes qui, eux, se distinguent des mitochondries par certains caractères chimiques importants ; ils sont fixés et conservent leur forme avec les fixateurs qui altèrent les mitochondries. L'alcool, les liquides de Bouin et Lenhossèk, par exemple, les fixent fort bien. Une observation attentive montre, il est vrai, qu'après ces fixations, ils ne présentent pas la même structure que lorsqu'ils ont été fixés par les méthodes mitochondriales. Dans le premier cas, ils offrent une structure spongieuse ou granuleuse, dans le second ils apparaissent au contraire avec un aspect parfaitement homogène qui semble correspondre à la réalité. On peut donc admettre que néanmoins les fixateurs nocifs aux mitochondries agissent également, mais d'une manière moins sensible, sur les chloroplastes.

Les propriétés spéciales des chloroplastes se manifestent déjà dans les chondriocontes destinés à leur donner naissance. La chlorophylle, comme les pigments carotiniens et xanthophylliens, apparait d'abord dans des chondriocontes avant leur transformation en chloroplastes. Or, dès que le chondrioconte est imprégné de chlorophylle, il montre déjà toutes les propriétés spéciales des chloroplastes. Il est possible que ces propriétés tiennent à ce que la chlorophylle forme, avec le substratum du chondrioconte et du plaste, une combinaison plus résistante (1).

---

(1) Nous rappellerons ici que Pensa a montré que les chondriocontes dès qu'ils commencent à former de la chlorophylle se colorent par la méthode à l'imprégnation argentique qui ne teint jamais les mitochondries ordinaires, pas plus que les

La même remarque s'applique aux chromoplastes : les modifications du chimisme que présentent les chromoplastes ne sont pas corrélatives de la formation de ces plastes, elles se manifestent déjà dans les chondriocontes dont ils dérivent, dès que ceux-ci ont commencé à élaborer le pigment.

Il ressort donc clairement de ces considérations que toute mitochondrie qui élabore modifie légèrement son chimisme. Elle acquiert des propriétés chimiques spéciales, le plus souvent peu importantes, qui se traduisent en général par une moindre résistance aux actions osmotiques, une plus grande résistance vis-à-vis de l'acide acétique et de l'alcool et une moindre chromaticité. Cette différenciation chimique est presque toujours également accompagnée d'un léger accroissement de volume qui les fait se distinguer presque toujours des mitochondries non fonctionnelles. Au cours de l'élaboration, si celle-ci est abondante, cette différenciation morphologique peut s'accentuer et déterminer la production de plastes qui, alors, ont la forme de gros corpuscules arrondis toujours très distincts des mitochondries ordinaires. Ce sont alors les plastes bien connus en cytologie végétale qui semblent correspondre aux chondrioplastes de la cellule animale.

En cytologie animale, on entend généralement par plaste une forme intermédiaire entre la mitochondrie et le produit élaboré (Prenant). Le plaste représenterait donc non seulement une mitochondrie grossie, mais aussi une mitochondrie dont la substance chimique est en voie de se modifier. Mais dans tous les cas que nous venons d'étudier, rien ne prouve que les chromoplastes transforment leur propre substance en pigment et il ne semble pas qu'il puisse être question de la transformation de cette substance en pigment par l'intermédiaire de produits transitoires. Le chromoplaste apparait seulement comme une mitochondrie grossie et rien n'indique que le produit élaboré se forme aux dépens de la substance de ce plaste. Si l'on admet d'ailleurs que le produit est élaboré par la

---

amyloplastes. Cette propriété semble être liée à la présence de la chlorophylle, car dans les embryons soustraits à l'action de la lumière et où il ne se forme par conséquent pas de chlorophylle, Pensa a constaté des plastes analogues aux chloroplastes, mais incolores, qui se teignent par les méthodes mitochondriales ordinaires, mais pas par la méthode d'imprégnation argentique. Il suffit de placer ces embryons quelque temps à la lumière pour que la chlorophylle apparaisse et que les plastes se colorent par cette dernière méthode.

mitochondrie ou le plaste en vertu de leurs propriétés d'*électosomes* (Regaud et Renaut), il n'est pas nécessaire de faire intervenir une modification chimique dans la substance mitochondriale qui, ici, sert simplement de support à des pigments solubles avec les méthodes mitochondriales et qui, par conséquent, ne sauraient se retrouver dans une préparation fixée.

Champy a cherché à donner une définition du plaste. Pour lui, on peut considérer comme mitochondrie tout élément capable de passer de la forme mitochondrie à la forme chondrioconte ou inversement, et comme plaste tout élément issu de mitochondrie qui a acquis une différenciation telle qu'il ne peut revenir à aucun autre état mitochondrial. A ce compte, toute mitochondrie (chondrioconte ou mitochondrie) élaborant un produit, même si sa forme n'est pas modifiée, est un plaste.

Nos recherches montrent que cette définition est en défaut en cytologie végétale, car les plastides même très différenciés sont capables de s'accroître comme les mitochondries ordinaires. C'est ainsi, par exemple, que les chondriocontes des cellules épidermiques des pétales de la fleur d'*Iris germanica*, pendant qu'ils élaborent de l'amidon et de la xanthophylle s'épaississent fortement et, tout en conservant leur forme de bâtonnets allongés, se distinguent des mitochondries ordinaires qui coexistent avec eux dans la même cellule par des dimensions sensiblement plus élevées ; on peut donc les considérer dès ce moment comme des plastes et cependant, ces plastes n'ont pas achevé leur évolution. Après la résorption de l'amidon, ils s'allongent, puis forment des renflements qui deviennent des chromoplastes typiques. Dans les cellules du mésophylle des pétales de Tulipe et dans les cellules du mésophylle des feuilles et bractées d'*Iris germanica*, on assiste à une curieuse évolution des chloroplastes. Les chloroplastes naissent aux dépens de renflements formés sur le trajet de chondriocontes, puis se séparent par rupture des parties effilées qui les réunissent. Ces parties effilées peuvent cependant subsister aux extrémités des chloroplastes sous forme de petits appendices et même s'allonger considérablement lorsque le chloroplaste a achevé son développement. Ils apparaissent alors aux extrémités des chloroplastes sous forme de longs filaments incolores que Schimper et Meyer avaient considérés à tort comme des cristalloïdes de protéine. Chodat a décrit des phénomènes assez comparables dans les chloroplastes du pseudo-bulbe de *Calanthe Sieboldi* qui apparaissent d'abord sous forme de fuseaux, puis se transforment en baltères dont la partie effilée dépourvue de chlorophylle s'allonge et élabore des grains d'amidon. On sait, d'autre part, que les plastides ont la propriété de se diviser. Nous n'avons jamais observé de véritable division des chromoplastes et des amyloplastes, mais il est bien démontré que les chloroplastes sont susceptibles de se diviser. Dès lors, les plastides apparaissent plutôt comme des mitochondries différenciées à partir de mitochondries ordinaires, mais conservant toutes les propriétés des mitochondries, notamment celle de s'accroître et de se diviser.

Alvarado distingue les plastides des mitochondries par leurs propriétés chimiques différentes. Les plastides, selon lui, se distinguent des mitochondries par des différences chimiques, par le fait notamment qu'ils ne s'imprègnent pas de la même manière par la méthode à l'argent tannique. Cette différenciation chimique s'accompagnerait, d'après l'auteur, d'une modification de forme ; le plastide aurait toujours la forme de grains un peu plus gros que les mitochondries granuleuses, mais nos recherches établissent qu'il y a des amyloplastes et des chromoplastes qui conservent la forme caractéristique des chondriocontes. D'autre part, les différenciations chimiques que subissent les plastides sont toujours minimes et ne suffisent pas, à notre avis, pour délimiter ces formations des mitochondries. On sait d'ailleurs que Regaud et ses collaborateurs ont montré qu'il peut exister des variations chimiques entre les mitochondries appartenant à des cellules différentes ou dans une même cellule animale.

Si l'on envisage la question au point de vue physiologique, on doit forcément considérer comme plaste toute mitochondrie qui élabore, même si sa forme n'est point modifiée, puisque l'on sait que cette élaboration coïncide toujours avec une légère modification chimique de la mitochondrie.

Si l'on s'en tient à une définition purement morphologique, on peut considérer comme plaste tout corpuscule plus gros que la mitochondrie, issu d'une mitochondrie ordinaire, et destiné à élaborer un produit, même si ce corpuscule reste fixé sur le chondrioconte générateur comme cela a lieu si souvent pour les chromoplastes.

Selon cette définition, les chondriocontes pigmentés de la fleur de Tulipe, variété jaune, deviennent des mitochondries, et les chromoplastes des fleurs d'*Iris* deviennent des plastes.

La seule définition rationnelle est la définition physiologique qui consiste à admettre qu'à partir des mitochondries embryonnaires indifférenciées, il se différencie des variétés de mitochondries différentes par leur chimisme et qui sont spécialisées en vue de fonctions élaboratrices spéciales. Ce sont ces mitochondries différenciées qui seules mériteraient le nom de plastes.

Les plastes devraient être considérés comme de simples formes évolutives des mitochondries. Comme ces variétés de mitochondries ne se différencient des autres en dehors de leurs dimensions que par de menues différences chimiques, le mieux serait évidemment d'assimiler absolument mitochondries et plastes et de réunir ces deux formations sous un même nom (1). Ce nom serait à créer, car les termes de mitochondries ou chondriosomes manquent de précision. D'autre part, le terme d'électosome (Regaud et Renaud) qui indique une propriété physiologique hypothétique des mitochondries est dangereux. Le mot de leucite (Van Tieghem) a la priorité, mais n'a pas plus de signification que celui de mitochondrie. L'expression la plus significative, qui indique une propriété démontrée de ces corps serait le terme de plastide créé par W. Schimper à qui l'on doit d'avoir observé l'un des premiers des mitochondries ; à défaut le mot de plastosome créé par Meves pourrait subsister.

Pour le moment, nous nous en tenons à la définition morphologique du plaste qui est la plus commode pour l'exposé des faits, puisqu'elle permet de distinguer les plastes des mitochondries ordinaires par des formes caractérisées, et nous distinguons les mitochondries et les plastes en faisant remarquer que cette définition est, en réalité, injustifiée.

---

(1) M. R. Dubois nous a reproché de préférer le mot mitochondrie au terme *vacuolide*, créé par lui en 1896 pour désigner des formations qu'il considère comme des mitochondries. Ce terme a évidemment la priorité sur le mot mitochondrie, mais il s'applique à des formations dont la nature mitochondriale est loin d'être démontrée. Il a en outre l'inconvénient d'être inexact, puisque les mitochondries ne présentent l'aspect de vacuoles que lorsqu'elles sont altérées.

### 4) STRUCTURE DES PLASTES

Les plastes sont, avons-nous dit, des mitochondries grossies. Ceci nous amène à examiner la question qui a été depuis longtemps discutée de la structure des plastes végétaux. Les chromoplastes ont-ils une structure ?

Ce sont surtout les chloroplastes, les plus gros de ces plastes et partant les plus faciles à étudier, qui ont servi aux observations de la structure des plastes.

Les premiers observateurs qui ont étudié les plastes leur ont reconnu généralement une structure, mais ils ne se sont pas entendu sur cette structure.

Pringsheim, Tschirch et Bredow admettent que le substratum des plastes est spongieux et normalement imprégné d'une substance de consistance huileuse qui remplirait les interstices de la substance spongieuse, entourée d'une membrane plasmique. C'est donc la substance interstitielle qui contiendrait le pigment. Cette opinion est adoptée par Chodat.

Pour Schwartz et Tsvett les plastes ont une structure fibrillaire. Les fibrilles ne sont pas anastomosées, mais placées côte à côte et tellement rapprochées qu'il est difficile d'en fixer les limites. Les fibrilles sont formées d'une substance dite *chloroplastine* qui renferme le pigment dans son intérieur sous forme de granulations. Les fibrilles de chloroplastine sont unies entre elles par une substance interstitielle dite *métaxine* qui est plus facile à gonfler et à dissoudre que la chloroplastine. On peut la mettre en évidence en gonflant, par l'eau, le chloroplaste.

W. Schimper, A. Meyer et Courchet considèrent, au contraire, les plastes comme constitués par une substance homogène dans laquelle le pigment serait inclus sous forme de petits granules fluides. Le pigment serait, quand il n'est plus cristallisé, toujours à l'état de petits grains, mais dans certains cas, ces grains seraient tellement petits qu'on ne les distinguerait pas facilement et qu'on aurait l'impression que le pigment est diffus dans le substratum.

Certains auteurs tels que Lepeschkin, Chmielewsky et Ponomarew admettent que le chloroplaste est à l'état liquide et ne prend la forme sphérique que parce que la tension superficielle à la limite entre le cytoplasme et le chloroplaste est trop faible. Ponomarew, dans un travail récent, précise cette conception et admet que les chloroplastes, comme le cytoplasme, sont à l'état de solution colloïdale et ont une perméabilité sélective. Selon cet auteur, les vacuoles qui se forment à leur intérieur sous l'influence de milieux hypotoniques augmenteraient ou diminueraient suivant la concentration des milieux.

La question de savoir s'il existe ou non une membrane dans les plastes a été également discutée. A. Meyer considère comme un produit artificiel la substance plus dense qui apparaît autour des plastes lorsqu'on provoque leur gonflement. Schwartz, Schmitz et Tschirch admettent, au contraire, l'existence d'une membrane.

L'observation vitale montre que les chromoplastes, comme d'ailleurs tous les plastes que nous avons observés, sont formés d'une substance absolument homogène. Cet aspect homogène est conservé après fixation par les méthodes mitochondriales et nous admettons que les structures décrites par certains auteurs sont des structures artificielles dues à l'action des réactifs employés ou à l'effet hypotonique de l'eau.

Presque constamment, cependant, les chromoplastes arrivés à l'état adulte présentent, en leur sein, une vacuole contenant un liquide aqueux dans lequel se meuvent souvent un ou plusieurs granules brillants. Ils ont donc l'aspect vésiculeux des mitochondries altérées. Sans doute faut-il attribuer cet aspect à un commencement de dégénérescence du plaste.

Quant au pigment, nos observations nous amènent à le considérer avec W. Schimper, A. Meyer et Courchet comme étant toujours à l'état de granules, quelquefois assez gros, très distincts, quelquefois tellement fins et serrés qu'il est difficile de les distinguer.

### 5) Plastes inactifs

Il est curieux de constater que dans les fleurs d'une même espèce à variétés incolores et pigmentées, les variétés blanches dépourvues de pigments xanthophylliens ou carotiniens renferment toujours, dans leurs cellules épidermiques des pièces de leur périanthe, un chondriome qui se présente avec le même aspect que le chondriome correspondant de la variété pigmentée. Par exemple dans les pétales de Tulipe (variété jaune), le pigment est formé dans l'épiderme au sein de chondriocontes qui restent à cet état pendant toute la durée de la fleur ; dans les variétés blanches l'épiderme correspondant renferme un chondriome où prédominent des chondriocontes tout à fait semblables à ceux de la variété pigmentée. Dans les fleurs de *Begonia*, variétés jaunes, le pigment jaune est élaboré au sein de chromoplastes résultant de la différenciation de chondriocontes. Dans les fleurs de variétés blanches, on constate la production de leucoplastes de forme identique aux chromoplastes des variétés jaunes, mais inactifs. De même, dans une fleur comme celle d'*Iris germanica* où le pigment jaune ne se forme que dans certaines cellules de l'épiderme, les cellules des parties incolores de ce même tissu renferment néanmoins des leucoplastes de même forme que les chromoplastes. Ces faits ont déjà été mis en évidence pour les feuilles panachées par Zimmermann qui a montré que les parties incolores de ces feuilles renferment des leucoplastes de formes identiques aux chloroplastes des parties vertes. Les plastes des cellules épidermiques incolores ne paraissent jouer aucun rôle. Ce sont donc, comme Schimper les désigne, des plastes inactifs.

Il paraît exister des faits comparables dans la cellule animale. C'est ainsi que Prenant a montré que dans l'iris de l'embryon de Seiche, il existe deux sortes de cellules : les unes ne contiennent que des mitochondries, les autres renferment exclusivement des chromochondries et que la forme des unes et des autres est identique. Des observations semblables sont relatées par Mlle Asvadourova dans la larve de *Rana* (fig. 32).

### 6) Elaboration de grains d'amidon précédant la formation des chromoplastes

Nos résultats nous suggèrent, en outre, quelques réflexions physiologiques sur le mode de formation des pigments.

Nous avons vu que quelle que soit la nature du pigment (carotine ou xanthophylle), l'élaboration du pigment est presque toujours précédée ou accompagnée d'une élaboration d'amidon. On peut se demander si l'amidon est utilisé à la formation du pigment, comme Belzung l'a admis pour la chlorophylle. Aucun fait ne subsiste cependant en faveur de cette opinion. Nos recherches antérieures ont établi que si la chlorophylle est souvent précédée de la formation de grains d'amidon transitoire au sein des chondriocontes destinés à l'élaborer, le fait n'est nullement constant et qu'il ne semble pas exister de relation entre cette production d'amidon et la formation de la chlorophylle. Il semble en être de même pour ce qui concerne les pigments xanthophylliens et carotiniens (1). Il y a en effet des cas où l'amidon précède la formation du pigment dans la mitochondrie (épicarpe d'*Arum maculatum*, pétales de Tulipe), il y en a d'autres où l'amidon et le pigment sont élaborés simultanément (sépales et pétales d'*Iris germanica)* et d'autres enfin où le pigment précède l'amidon (sépales ou pétales d'*Iris pseudacorus*, de *Lilium Pompeianum*, etc.). Enfin il est des cas, rares il est vrai, où les chondriocontes forment le pigment sans jamais élaborer d'amidon. Il ne semble donc exister aucune relation entre cette production d'amidon et la formation du pigment.

Il est beaucoup plus vraisemblable d'admettre que ces grains d'amidon qui sont élaborés en grande abondance, non seulement par les chondriocontes destinés à se transformer en chromoplastides, mais par tous les chondriocontes, et qui se résorbent bien avant que la fleur ait achevé sa croissance, sont utilisés comme matières de réserve par les grains de pollen et les ovules où ils émigrent sous forme de glucose.

### 7) RELATIONS ENTRE LES MITOCHONDRIES ET LES PHÉNOMÈNES DIASTASIQUES

Il est curieux de constater la production transitoire dans les chondriocontes ou dans les plastes de graisse et d'amidon qui se succèdent et précèdent l'apparition des pigments. Cela nous amène à poser une question qui ne semble pas avoir été envisagée jusqu'ici : c'est celle des rapports entre le chondriome et les phénomènes diastasiques. Le fait qu'un même chondrioconte ou qu'un même plaste peut élaborer successivement, en son sein, des graisses et de l'amidon, et que ces substances qui nécessitent une intervention diastasique pour être transformées, se résorbent dans l'intérieur même de ces éléments, nous oblige à admettre que ces interventions diastasiques s'effectuent dans l'intérieur même des mitochondries et des plastes. Comme il est peu vraisemblable que les diastases soient engendrées par le chondriome, et qu'il semble plutôt qu'elles soient élaborées par le cytoplasme lui-même, on peut supposer que les actions diastasiques s'effectuent à la surface des mitochondries.

---

(1) On sait d'autre part que Kohl a émis l'opinion que la carotine jouerait le même rôle que la chlorophylle dans l'assimilation du carbone. Nous n'avons trouvé aucun fait qui permette de confirmer cette hypothèse. Il ne semble exister aucune relation dans les cas que nous avons observés entre l'amidon et la présence de ce pigment.

### 8) Origine des pigments

On sait que d'après Lubimenko et Monterverde, les pigments carotiniens et xanthophylliens dériveraient de la chlorophylle et résulteraient d'une oxydation de ce pigment sous l'influence d'oxydases. L'hypothèse trouve un appui dans l'apparition de ces pigments dans les chloroplastes des tissus parenchymateux des fleurs et des fruits, qui se métamorphosent peu à peu en chromoplastes. Nous avons signalé également des cas où la formation du pigment dans les cellules épidermiques est favorable à cette idée. C'est ainsi que nous avons vu que, dans certains cas (épiderme des pétales de Courge, *Canna*, *Amaryllis lutea*, etc...), l'apparition du pigment xanthophyllien ou carotinien dans les chondriocontes se trouve précédée de la production d'une chlorophylle transitoire. Seulement, à côté de ces cas plutôt rares, dans les cellules épidermiques de la plupart des fleurs et des fruits, les pigments xanthophylliens ou carotiniens apparaissent directement au sein des chondriocontes sans être précédés de production de chlorophylle. La théorie est donc ici manifestement en défaut, à moins de supposer, avec Moreau, que les dérivés de l'oxydation de la chlorophylle passent dans l'épiderme où ils sont fixés par les mitochondries.

Pour ce qui concerne l'influence des oxydases dans la pigmentation, nous signalons certains faits qui, évidemment, sont favorables à l'intervention de phénomènes diastasiques dans la pigmentation.

Dans les fruits d'*Arum maculatum* et d'Asperge, par exemple, nous avons vu le pigment apparaître dans de petits leucoplastes sur le trajet de chondriocontes. Ces plastes, formés de très bonne heure, ne produisent le pigment qu'à la maturité du fruit, c'est-à-dire au bout d'un temps assez long, plusieurs mois. Le pigment apparait alors très brusquement en l'espace de quelques heures. On peut provoquer l'apparition prématurée et rapide de ce pigment en détachant un fruit vert et en le conservant dans le laboratoire : au bout de quelques heures, il rougit. Cette pigmentation rapide tient évidemment à des conditions mal déterminées qui sont en faveur d'une action diastasique.

### 9) COMPARAISON DES PROCESSUS D'ÉLABORATION DES PIGMENTS DANS LA CELLULE VÉGÉTALE ET DANS LA CELLULE ANIMALE.

Il est intéressant de comparer les processus de formation des pigments dans la cellule végétale à ceux qui ont été décrits récemment dans la cellule animale par Prenant, Policard, Mulon, Asvadourova et Luna.

Examinons par exemple, avec Luna, les cellules de l'épithélium pigmentaire d'une larve de *Bufo* (fig. 33, A). On y voit d'abord un chondriome exclusivement constitué par des mitochondries granuleuses (fig. 33, A. 1), dont les unes se colorent en noir par l'hématoxyline, et les autres, tout en conservant leurs formes, perdent peu à peu leur colorabilité par l'hématoxyline, par suite de leur imprégnation par le pigment. Dans la suite, ces mitochondries granuleuses pigmentées ou non s'allongent en chondriocontes (A. 2) : enfin tous les chondriocontes finissent par s'imprégner de pigment et par perdre leur pouvoir de se colorer par l'hématoxyline (A. 4). Prenant et Mlle Asvadourova ont décrit des phénomènes semblables dans l'épithélium cornéen de la larve de *Rana temporaria* (fig. 32, B). Ici aussi une partie du chondriome serait constitué par des chondriocontes imprégnés de pigments : les corps pigmentés ou chromochondries ont les mêmes formes que les chondriocontes et occupent la même position autour du noyau où ils s'accumulent en une masse en forme de croissant. C'est donc exactement le même processus que dans les cellules épidermiques des pétales de la variété jaune de Tulipe où l'on peut assister, sur le vivant, à la formation du pigment xanthophyllien dans les chondriocontes.

L'analogie est poussée plus loin encore. La cellule animale nous offre des cas où le pigment cristallise au sein de chondriocontes ou même de plastes résultant de la différenciation de mitochondries, tout comme dans la cellule végétale. C'est ainsi que d'après Policard,

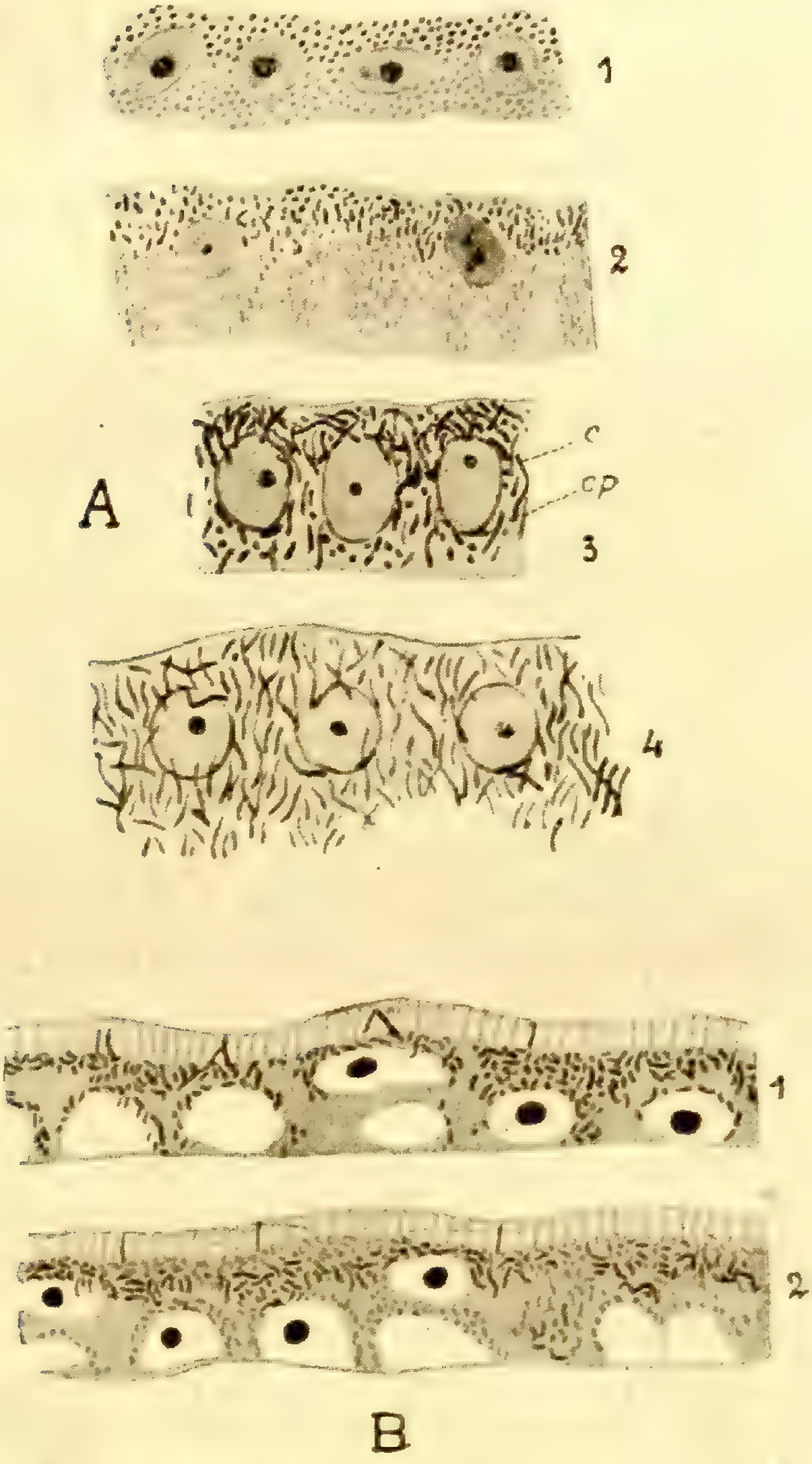


Fig. 33. — A. Cellules de l'épithélium pigmentaire de la rétine de la larve de *Bufo*. — 1. Les chromochondries (*c. p.*) (représentées en gris dans la région inférieure des cellules affectent les mêmes formes de grains et de filaments que les mitochondries (*c*) représentées en noir. — 1. Cellule très jeune où le chondriome est uniquement à l'état de grains. — 2. Stade ultérieur où les chromochondries et les mitochondries s'allongent en bâtonnets. — 3. Stade plus avancé où les chromochondries et les mitochondries ont pris la forme de chondriocontes allongés. — 4. Stade où tous les éléments du chondriome sont transformés en chromochondries (d'après Luna).

B. — 1. Cellules de l'épiderme de la larve de *Rana temporaria*, où les pigments font défaut. — 2. Cellules de l'épithélium cornéen : on y remarque des chromochondries (représentées en gris) qui ont la même forme que les chondriocontes (noirs) et la même disposition que les éléments du chondriome de l'épiderme, notamment autour du noyau où elles forment un croissant périnucléaire (d'après Asvadourova).

les cristaux d'hémoglobline de la cellule hépatique apparaissent à l'intérieur de chondriocontes (fig. 34). Le chondriome est uniquement constitué de chondriocontes : certains de ces éléments augmentent de volume sur une certaine partie de leur longueur et prennent l'aspect de fuseaux flexueux. Dans ces fuseaux, on voit, à un moment donné, apparaître de longues aiguilles cristallines qui augmentent peu à peu et deviennent de longs cristaux parallélogramiques. Quand le cristal est bien constitué, l'écorce mitochondriale n'est plus visible, mais le cristal a encore la forme flexueuse de son élément générateur, le chondrioconte. Il s'agit donc ici d'un processus tout à fait analogue à celui que nous avons observé dans l'épiderme des pétales de *Clivia*, de *Lilium croceum* et de certaines variétés de Glaïeul.

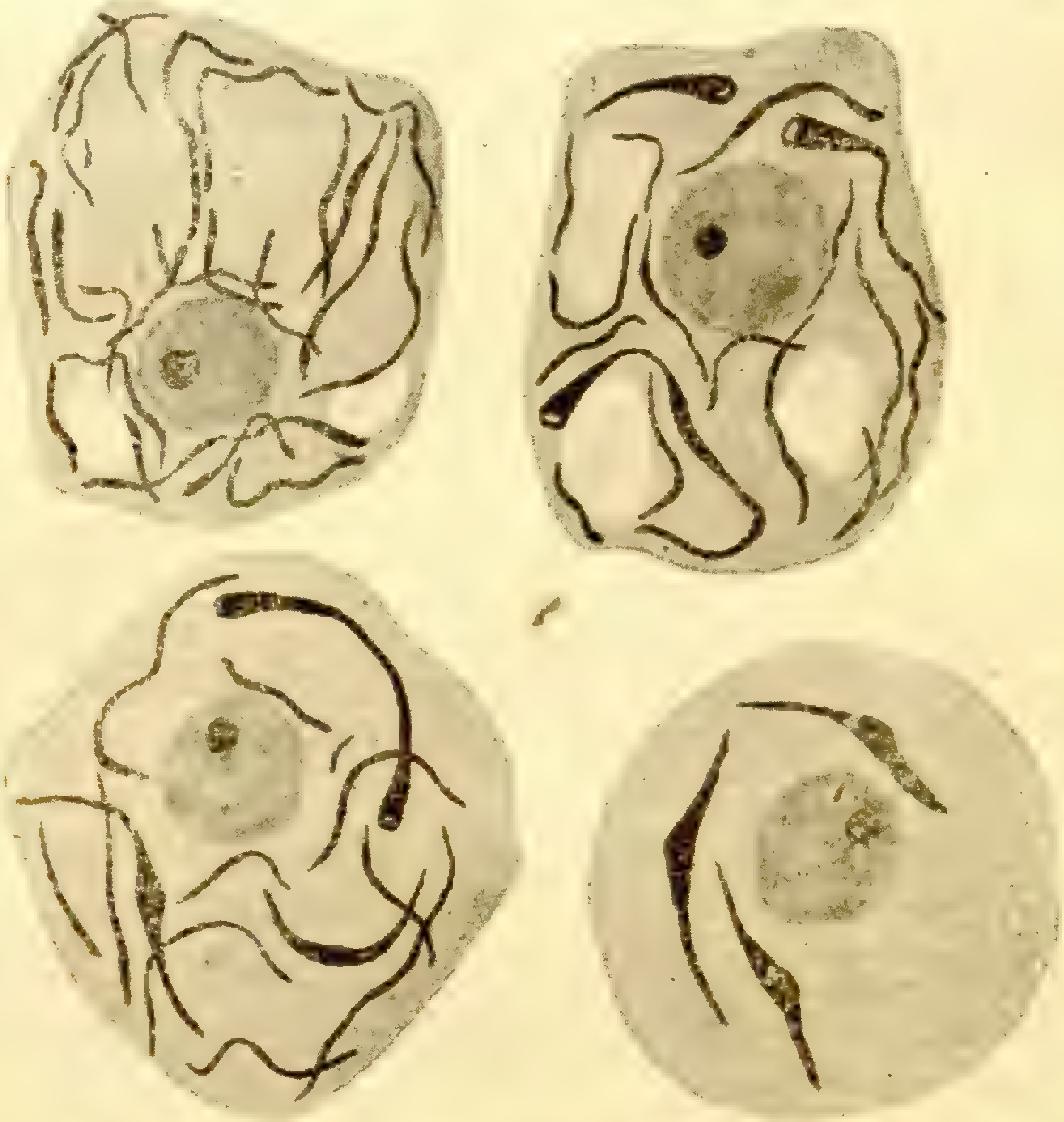


Fig. 34. — Cellules du foie d'un chien avec chondriocontes en voie d'élaborer des cristaux d'hémoglobine. Méthode de Regaud. (D'après Policard).

De son côté, Mulon a montré que le pigment des cellules de la surrénale de certains animaux apparait tantôt dans des grains qui représentent des mitochondries granuleuses à peine modifiées, tantôt dans des plastes de formes variables et beaucoup plus gros, d'origine mitochondriale, au sein desquels s'élabore une substance pigmentée amorphe ou sous forme de véritables cristaux lamellaires (fig. 35 A).

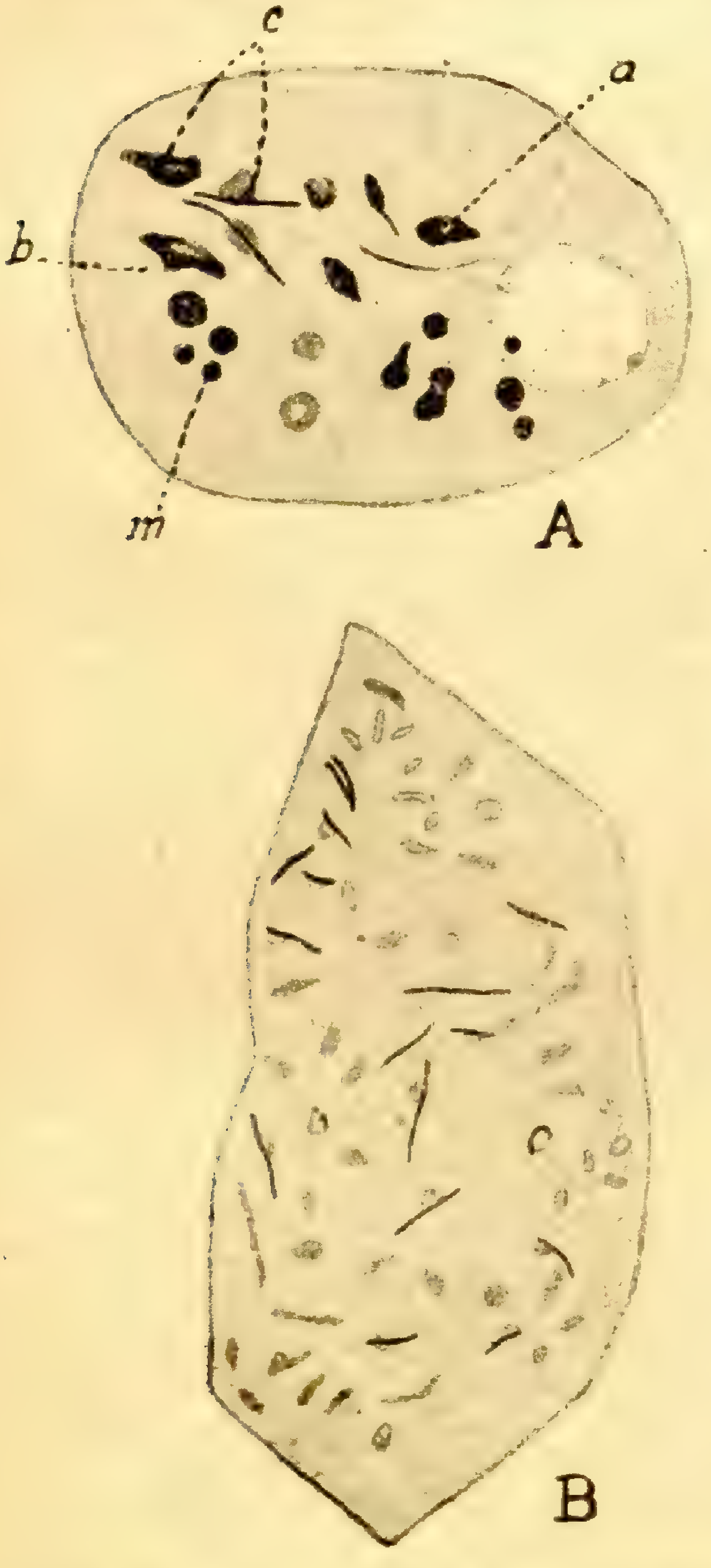


Fig. 35. — A. Formation du pigment dans une cellule juxtacorticale de la surrénale de Cobaye : *(m)* mitochondries ; *(a)* plastes dérivés de mitochondries avec pigment diffus ; *(b c)* plastes dérivés de mitochondries avec pigment cristallisé. Méthode de Regaud. Gr. 2.000. (D'après Mulon.)

B. Formation du pigment dans une cellule épidermique de pétale de Glaïeul avec chromoplastes dérivés de chondriocontes, renfermant du pigment amorphe ou cristallisé. Dessiné sur le vivant à un grossissement de 1200.

Voici d'ailleurs en propres termes la description de Mulon : « Dans une seule cellule ou dans des cellules voisines, on trouve côte à côte de grosses masses allongées, irrégulières, sidérophiles par le Regaud, pigmentées sur le frais, les mêmes masses avec des extrémités pointues, comme si la substance était tendue sur un squelette rigide, masses pigmentées, sidérophiles, plus petites, souvent incomplètement sidérophiles, longées ou transpercées par un cristal lamelleux plus long qu'elles ; enfin des cristaux lamelleux libres ». Cette description jointe à la figure 35 que nous reproduisons montre la ressemblance frappante qui paraît exister entre ce mode de formation du pigment et celui que nous avons décrit dans certaines fleurs, notamment dans celles de Glaïeul.

Tout ceci démontre l'analogie qui semble exister dans les processus d'élaboration des pigments entre la cellule végétale et la cellule animale. Seulement, dans les végétaux, les phénomènes sont beaucoup plus faciles à observer puisqu'on peut les suivre sur le vivant. Ils sont, par conséquent, beaucoup plus démonstratifs. Ils paraissent apporter une confirmation indirecte, mais intéressante, aux résultats obtenus en cytologie animale par Prenant, Policard, Mulon, Asvadourova et Luna.

### 10) Présence de globules graisseux dans les mitochondries et les plastes

Nos recherches démontrent que les mitochondries et les plastes sont capables d'élaborer de petits globules d'aspect brillant, qui réduisent fortement l'acide osmique et se dissolvent dans les solvants des graisses : ce sont donc des globules graisseux ou lipoïdes.

Au cours de notre étude sur l'évolution du chondriome dans les cellules épidermiques des pétales de Tulipe jaune et dans les diverses cellules des fleurs, bractées et feuilles d'*Iris*, nous avons montré que les chondriocontes et les plastes qui en dérivent peuvent, à certaines phases, se remplir de globules graisseux.

Dans les cellules épidermiques des pétales de la fleur de Tulipe jaune, ces globules apparaissent dans les chondriocontes au moment où ils élaborent le pigment xanthophyllien. Ils deviennent ensuite de plus en plus nombreux et dans la fleur ouverte, les chondriocontes chargés de pigment sont remplis d'une infinité de petits globules graisseux qui augmentent encore pendant la dégénérescence cellulaire.

Dans l'*Iris germanica*, l'évolution de ces graisses est plus complexe. Si l'on examine une très jeune fleur de quelques millimètres seulement de longueur et encore absolument incolore, on observe la formation au sein des chondriocontes de nombreux globules graisseux ; ceux-ci sont très petits, mais très faciles à distinguer sur le vivant grâce à leur vive réfringence. Pendant les premiers stades de la croissance de la fleur, ces globules graisseux augmentent de nombre et de dimensions ; ils sont disséminés sur tout le trajet des chondriocontes et déterminent par leur nombre un épaississement assez marqué des chondriocontes ; ils s'accumulent souvent dans des renflements formés au sein de ces éléments, qui prennent un aspect moniliforme.

Dans les stades ultérieurs, les chondriocontes se comportent, comme on le sait, de manières différentes selon les organes et les tissus que l'on considère. Dans les sépales et les pétales, ils élaborent sur leur trajet de petits grains d'amidon et dans certaines cellules s'imprègnent ensuite de xanthophylle. Ce n'est qu'un peu avant l'ouverture de la fleur que l'amidon se résorbe et que les chondriocontes se différencient en leuco- et chromoplastes. Dans les cellules des poils des sépales, ils ne forment cependant pas d'amidon et élaborent uniquement de la xanthophylle. Au contraire, les chondriocontes se différencient très rapidement, dès les premiers stades du développement de la fleur, en chloroplastes dans les cellules du mésophylle, après avoir élaboré des grains d'amidon qui se résorbent lorsque les chloroplastes sont définitivement formés.

Au cours de ces phénomènes, on constate que la graisse ne subit aucune diminution pendant la formation de l'amidon et de la xanthophylle, mais diminue notablement lorsque les grains d'amidon ont achevé leur croissance et pendant leur résorption pour disparaître à peu près complètement dans les leuco- et chromoplastes. Ces derniers se remplissent de nouveau de globules graisseux lors de la désorganisation de la fleur pour subir la dégénérescence graisseuse que nous avons décrite précédemment. Dans les cellules du mésophylle, la graisse se résorbe également pendant la différenciation des chloroplastes et réapparaît ensuite à la dégénérescence. Au contraire, dans les poils des sépales, où les chondriocontes forment de petits plastes chargés de xanthophylle et n'élaborent pas d'amidon, la graisse persiste jusqu'à la dégénérescence.

Les chondriocontes subsistent dans leur état primitif sans se différencier en plastes dans les cellules de l'épiderme et du mésophylle des stigmates. Ils élaborent d'abord de l'amidon qui se résorbe avant l'ouverture de la fleur ; ici la graisse diminue notablement après la formation de l'amidon, mais sans disparaître complètement. Elle augmente ensuite à la dégénérescence.

Dans l'anthère (épiderme et mésophylle), il n'y a pas non plus de différenciation des chondriocontes en plastes : ceux-ci élaborent des grains d'amidon qui se résorbent de très bonne heure, bien avant que la fleur ait achevé sa croissance, Mais ici la graisse persiste pendant la formation de l'amidon et après sa résorption jusqu'à la dégénérescence.

Nulle part la graisse n'est aussi abondante que dans les cellules nourricières des grains de pollen et dans les grains de pollen eux-mêmes. Les cellules nourricières offrent de longs chondriocontes allongés et ramifiés qui n'élaborent pas d'amidon, mais se remplissent de globules graisseux : ceux-ci s'accumulent dans des renflements formés sur le trajet des chondriocontes. Ces renflements finissent par se séparer sous forme de gros plastes arrondis, remplis de globules graisseux. La graisse persiste pendant la désorganisation de ces cellules et semble absorbée par les grains de pollen.

On retrouve également dans les chondriocontes et les plastes des feuilles et des bractées des globules graisseux qui subissent une évolution semblable à ce que nous venons de décrire pour les pièces du périanthe.

Ces globules graisseux ne sont pas des formations nouvellement connues dans les plastes où leur existence a été depuis longtemps constatée par Nägeli, Godlewski, Arthur Meyer, W. Schimper, Zimmermann. Ils ont été récemment l'objet d'une étude de Buscalioni.

La nature de ces graisses aurait besoin d'être précisée. A. Meyer admet que ce ne sont pas de véritables graisses, parce qu'elles sont solubles dans l'acide acétique qui ne dissout pas les graisses. Buscalioni ne se prononce pas sur leur nature et les considère simplement comme des substances lipoïdes. Ces corps présentent, d'après nos observations, les caractères suivants : brunissement par l'acide osmique, coloration par le Soudan III et la teinture d'Alkanna, dissolution par les solvants de graisses.

Ces graisses se rencontrent dans les mitochondries et les plastes de beaucoup de végétaux, surtout des Monocotylédones, mais ils ne sont nulle part plus abondants que dans les *Iris ;* ils sont moins répandus ou font totalement défaut dans les Dicotylédones.

La signification de ces globules graisseux nous paraît fort complexe. Tout d'abord elle semble être diverse. Il y a lieu de distinguer les globules graisseux qui apparaissent dans les chondriocontes et les plastes au moment de la fin de la vie de la fleur ou de la feuille et que l'on doit considérer comme des produits de dégénérescence, et les globules graisseux qui sont élaborés dans les chondriocontes dès les stades les plus précoces du développement de la fleur ou de la feuille et qui jouent vraisemblablement le rôle de produits de nutrition.

Parmi ceux-ci, il en est qui paraissent être le résultat d'une élaboration spéciale de certaines cellules et qui semblent servir de produits de réserve. C'est ce que l'on observe dans les cellules nourricières des grains de pollen. Etant donné que l'on sait que ces cellules contribuent à alimenter les grains de pollen et que ces graisses paraissent être le produit le plus important de l'élaboration de ces cellules qui ne forment pas d'amidon, on peut admettre qu'elles constituent un matériel de réserve destiné à servir à la croissance des grains de pollen qui, eux aussi, sont le siège d'une élaboration de graisse.

Il est beaucoup plus difficile d'interpréter la signification des globules graisseux qui apparaissent en grande abondance dans les chondriocontes dès les stades les plus jeunes du développement des fleurs, des feuilles et des bractées et qui se résorbent au cours de la croissance de ces organes. Ces graisses apparaissent comme les premiers produits de l'élaboration du chondriome. Elles précèdent l'élaboration des grains d'amidon et des pigments.

L'idée vient d'abord que ces substances pourraient servir à l'élaboration des pigments xanthophylliens et carotiniens. On sait en effet que certains auteurs ont admis que la carotine résulterait de l'oxydation de la cholestérine.

Buscalioni, se fondant sur le rôle des substances lipoïdes dans les phénomènes d'oxydation, pense que ces globules graisseux seraient capables de fixer l'oxygène pendant la décomposition de $CO^2$ par la chlorophylle et pourraient ensuite servir indirectement à la production des pigments xanthophylliens ou carotiniens qui, d'après Lubimenko et Monteverde, se formeraient par oxydation de dérivés de la chlorophylle. Mais l'ensemble de nos observations nous obligent à écarter cette hypothèse, car il ne semble exister aucune relation entre la présence de ces graisses et la production de ces pigments. Dans la majorité des cas que nous avons observés, les fleurs ou les fruits qui élaborent de la carotine ou de la xanthophylle produisent ces pigments dans des chromoplastides qui ne renferment pas de graisse. D'autre part, dans la fleur d'*Iris*, outre que les globules graisseux sont aussi nombreux dans les chondriocontes qui n'élaborent pas de xanthophylle que dans ceux qui en élaborent, ce pigment prend naissance dans les chondriocontes bien avant la résorption de ces graisses. Il ne paraît pas exister de relation entre ces graisses et la formation des pigments.

Buscalioni pense également que ces graisses pourraient représenter dans certains cas un produit transitoire de l'assimilation chlorophyllienne, comme cela parait être le cas dans certaines Algues et dans quelques Monocotylédones où les chloroplastes ne forment jamais d'amidon et où ce produit est remplacé par de la graisse ; il admet que la graisse pourrait apparaître dans certains cas comme un produit direct de la photosynthèse et se transformer ultérieurement en amidon. On sait en effet que dans les végétaux, la possibilité de la transformation des graisses en hydrates de carbone semble démontrée, comme il résulte des expériences de Leclerc du Sablon dans la graine de Ricin. Dans la fleur d'*Iris*, ces graisses apparaissent en général dans des chondriocontes dépourvus de chlorophylle et à un stade où la chlorophylle n'est pas encore formée dans les tissus chlorophylliens ; il ne saurait donc être question de considérer ces graisses comme un produit direct de la photosynthèse. Mais il resterait possible d'admettre que ces graisses se forment dans le chondriome aux dépens d'un matériel hydrocarboné préformé dans la plante, pour ensuite se transformer en amidon. Seulement, les faits sont encore ici en désaccord avec la théorie. En effet, la graisse semble persister intégralement dans les chondriocontes pendant la formation de l'amidon et ne disparaît qu'au moment où l'amidon a achevé sa croissance et pendant sa résorption. Il y a même des cas où elle persiste jusqu'à la dégénérescence cellulaire. Il ne paraît donc pas exister de relation précise entre la production de la graisse et celle de l'amidon.

Buscalioni envisage aussi l'idée que ces graisses joueraient un rôle dans le processus de la respiration.

Il serait très intéressant de préciser la nature des substances graisseuses afin de savoir si elles représentent des graisses proprement dites ou si elles correspondent à des lécithines qui, on le sait, réduisent également l'acide osmique. L'évolution de ces globules graisseux rappelle en effet beaucoup le cycle des lécithines mis en évidence par Stoklasa par la méthode biochimique. On sait en effet que Stoklasa a attiré l'attention sur la grande fréquence des lécithines dans les végétaux. La lécithine serait pour lui un produit du fonctionnement de la feuille sous l'influence de la lumière au même titre que l'amidon. D'autre part la lécithine, au moment de la floraison, se transporte des feuilles dans la fleur : elle s'accumule dans la corolle qui devient alors un organe de réserve de lécithine, puis elle émigre dans les étamines ; là elle se localise surtout dans les grains de pollen qui en renferment jusqu'à 8 °/₀. On a observé en outre que la lécithine se forme en plus grande quantité en présence de la lumière qu'à l'obscurité et on a vu une relation entre la production de la lécithine et l'assimilation chlorophyllienne. Pour expliquer cette relation, on a admis que la lécithine serait un produit de la photosynthèse. La fonction chlorophyllienne donnant naissance à de l'aldéhyde méthylique $CH^2O$, celui-ci se polymériserait et fournirait de l'aldéhyde glycérique ($C^3H^6O^3$) ; la réduction de l'aldéhyde engendrerait de la glycérine, il y aurait union de l'acide phosphorique des phosphates avec cette glycérine et formation d'acide phosphoglycérique. Il serait donc très intéressant de préciser les relations qui peuvent exister entre la production de ces globules graisseux dans les chloroplastes et la lumière. Il est vrai que dans des expériences anciennes, Nägeli a examiné la question et a constaté que les globules graisseux se forment aussi bien à l'obscurité qu'à la lumière, mais l'expérience demanderait à être reprise.

Quelque rôle que puissent avoir ces globules graisseux formés dans le chondriome, il n'en est pas moins vrai qu'ils apparaissent comme un produit de l'activité des mitochondries et nos observations apportent une confirmation aux recherches de Regaud, Dubreuil, Hoven etc., qui ont cru constater dans la cellule animale que les graisses sont en général formées par les mitochondries.

Nos recherches nous ont permis de constater en outre dans certaines cellules épidermiques de Tulipe d'énormes corpuscules, généralement au nombre d'un seul par cellule, qui présentent les mêmes réactions que les graisses élaborées par les mitochondries. Ces corpuscules qui semblent résulter de la fusion de globules plus petits au début du développement et qui semblent se résorber, au moins partiellement, à la fin du développement, ont une origine et un rôle qu'il ne nous a pas été possible de préciser (1). Ils semblent comparables aux oléoplastes signalés par Wacker, bien qu'ils ne soient enveloppés d'aucune écorce albuminoïde.

---

(1) Il est possible qu'il y ait une relation entre les petits globules graisseux qui se rencontrent presque toujours dans le cytoplasme et les oléoplastes et que ces derniers résultent de la fusion d'une partie des premiers. Nous nous sommes demandé si les petits globules graisseux du cytoplasme ne correspondaient pas à

Enfin, nous avons rencontré, comme nous l'avons vu, dans le cytoplasme de toutes les cellules examinées, un nombre plus ou moins grand de petits globules graisseux de même nature qui ne paraissent offrir aucune relation avec le chondriome et qui semblent appartenir à la constitution du cytoplasme.

## CONCLUSIONS

Les résultats de nos observations peuvent être résumés de la manière suivante :

A) Les cellules épidermiques des fleurs, des bractées et des fruits, tout spécialement celles des fleurs de Tulipe et d'*Iris germanica*, permettent d'observer sur le vivant, avec une remarquable netteté, leur cytoplasme et leur chondriome. L'observation vitale de ces deux fleurs, qui constituent certainement le plus bel objet d'observations et d'expériences que nous connaissions pour l'étude vitale du chondriome, nous a permis de faire une observation vitale très détaillée des caractères morphologiques et physiologiques du chondriome, et des altérations qu'il subit selon certaines conditions physico-chimiques. L'observation comparative du cytoplasme à l'état vivant et sur préparations fixées nous a permis en outre de préciser l'action des fixateurs sur le cytoplasme. Enfin nous avons pu suivre sur le vivant les destinées du chondriome.

1° Dans toutes les cellules examinées, le cytoplasme se présente sous forme d'une substance hyaline et d'aspect homogène, qui correspond à l'hyaloplasme des auteurs. Il contient en suspension un chondriome constitué à la fois par des mitochondries granuleuses, de courts bâtonnets et des chondriocontes très allongés, minces, extrêmement onduleux et parfois ramifiés. Ces éléments se déplacent très rapidement dans les courants cytoplasmiques et vont du noyau à la périphérie de la cellule et inversement. Entraînés par ces

---

l'expulsion des globules de même nature que l'on rencontre à certains stades dans les chondriocontes, opinion qui se rapprocherait de la théorie de Beer qui a soutenu que les oléoplastes résulteraient de la dégénérescence des plastides. Aucun fait ne permet de vérifier cette idée.

courants, les chondriocontes serpentent et modifient constamment leur forme, ce qui montre qu'ils sont très flexibles et constitués d'une substance semi-solide. On observe constamment aussi dans la substance fondamentale du cytoplasme, en dehors du chondriome, de petits granules graisseux ou lipoïdes.

2° Les mitochondries sont les éléments les plus fragiles de la cellule et sont particulièrement sensibles aux moindres troubles survenus dans l'équilibre osmotique de la cellule. En milieu hypotonique, elles se gonflent et se transforment en grosses vésicules constituées par une écorce dense et un centre rempli d'un liquide aqueux dans lequel se trouvent parfois quelques granules réfringents animés de mouvements browniens. En se gonflant, ces vésicules arrivent au contact les unes des autres et finissent par ressembler à des vacuoles : elles donnent alors au cytoplasme une structure spongieuse ou alvéolaire analogue à celle décrite par Bütschli et Kunstler.

Diverses influences physico-chimiques sont capables de provoquer des altérations semblables du chondriome (compression, anesthésiques, gel, élévation exagérée de la température).

L'action des solutions hypertoniques détermine au contraire une certaine contraction des mitochondries.

3° La difficulté de la fixation du chondriome s'explique en partie par les actions osmotiques exercées sur le cytoplasme par le liquide fixateur et en partie par la nocivité sur le chondriome de l'alcool et de l'acide acétique contenus dans la plupart des fixateurs.

La plupart des fixateurs ordinairement usités bouleversent complètement la structure cytoplasmique, en transformant en général les mitochondries en vésicules ou en les dissociant en fines granulations, d'autres (ceux qui ne renferment ni alcool, ni acide acétique) peuvent respecter le chondriome tout en altérant un peu sa forme. Les méthodes mises en pratique dans ces dernières années pour la différenciation des mitochondries conservent au contraire aussi fidèlement que possible le cytoplasme dans la forme qu'il possède sur le vivant.

Le formol suffit souvent à la fixation du cytoplasme. La postchromisation ne nous a pas paru toujours nécessaire à la fixation du chondriome; elle semble cependant agir comme mordant. L'iodo-iodure de potassium conserve très bien le chondriome.

La coloration vitale du chondriome nous a très rarement réussi ; toutefois nous avons pu quelquefois l'obtenir par le vert Janus et le violet de Dahlia.

4° Par l'ensemble de leurs caractères morphologiques, physiologiques et histo-chimiques, les mitochondries de la cellule végétale se montrent identiques aux mitochondries de la cellule animale.

5° L'observation des cellules épidermiques des fleurs nous a permis de suivre les destinées du chondriome et de constater sur le vivant la formation, au sein des chondriocontes, de globules graisseux, d'amidon, de pigments xanthophylliens, carotiniens, et la transformation des chondriocontes en chloroplastes.

Dans tous les cas observés, le chondriome se présente dans les cellules très jeunes presque exclusivement sous forme de mitochondries granuleuses ou de courts bâtonnets. Ces éléments sont fréquemment en voie de division. Plus tard, les chondriocontes occupent la place prépondérante et ce sont eux qui jouent le rôle élaborateur. les mitochondries subsistantes constituent la partie végétative du chondriome, car lorsqu'une cellule sécrète, il n'y a toujours qu'une partie du chondriome qui entre en activité, l'autre constitue la partie végétative du chondriome déjà signalée par Altmann dans la cellule animale.

6° Dans la dégénérescence cellulaire, les chondriocontes se transforment en chondriomites et en mitochondries granuleuses qui se gonflent et se résolvent en fines granulations. Dans certains cas, les chondriocontes se remplissent de graisse au moment de la dégénérescence et se résolvent en globules graisseux et en petits grains fuchsinophiles. Les globules graisseux se fusionnent en grosses masses qui sont les éléments qui subsistent les derniers dans la cellule.

7° Ces observations contribuent à éclaircir nos connaissances sur la constitution du cytoplasme en confirmant et en précisant ce que les travaux récents de Fauré-Fremiet et quelques autres auteurs faisaient pressentir. Elles nous amènent à considérer le cytoplasme comme constitué par une substance fondamentale très hyaline, d'aspect homogène, probablement à l'état de gel colloïdal, et d'un chondriome qui semble constituer un des éléments les plus importants du cytoplasme et jouer un rôle prépondérant dans certaines élaborations. Enfin, elles paraissent établir le rôle élaborateur des mitochondries en montrant que les plastes depuis longtemps connus des cellules végétales sont assimilables aux mitochondries. L'observation vitale du cytoplasme éclaircit donc beaucoup l'importante question de la nature et de la signification physiologique du chondriome.

B) 1° Dans un autre ordre d'idées, au point de vue du mode de formation des pigments, il résulte de nos recherches, faites à la fois par l'observation vitale et l'étude de coupes fixées et colorées, que les pigments xanthophylliens et carotiniens sont élaborés, soit dans des chondriocontes, soit dans des chromoplastes résultant d'une différenciation plus ou moins accusée (accroissement de volume) des chondriocontes, soit enfin dans des chromoplastes provenant de la métamorphose de chloroplastes eux-mêmes issus de la différenciation des mitochondries.

Dans le premier cas, le phénomène consiste en l'apparition du pigment dans le chondrioconte ; dans le second cas, le pigment apparait d'abord dans le chondrioconte qui ensuite forme sur son trajet de petits renflements : ceux-ci ou bien restent fixés sur le chondrioconte générateur constituant des ébauches de plastes, ou bien s'en séparent, par résorption des parties effilées qui les réunissent, grossissent, et prennent l'aspect de gros corpuscules sphériques qui sont des plastes typiques. Dans le troisième cas, le chloroplaste perd sa chlorophylle en même temps qu'apparaît sur son substratum le pigment xanthophyllien ou carotinien.

L'apparition du pigment est presque toujours précédée par la production de grains d'amidon transitoire qui se produit dans les chondriocontes destinés à former le pigment ou à se transformer en chromoplastes. Cependant cette élaboration n'est pas absolument constante et il y a des cas où la formation de l'amidon accompagne ou suit celle du pigment. Aussi ne semble-t-il pas qu'on puisse admettre que cet amidon sert à la formation du pigment.

Souvent aussi l'élaboration du pigment est précédée ou accompagnée d'une production de globules graisseux dans les chondriocontes. Ces globules graisseux très communs dans les mitochondries et les plastes ne paraissent pas non plus en relation avec l'élaboration du pigment.

2° Le pigment peut apparaître au sein des chondriocontes ou des plastes selon le cas sous trois formes :

*a)* Sous forme diffuse ; *b)* à l'état de petites granulations amorphes ; *c)* à l'état des cristaux. Lorsque le pigment semble diffus, une observation attentive montre qu'il a une apparence granuleuse, aussi peut-on admettre que dans tous les cas où il n'est pas cristallisé, le pigment se présente sous forme de grains, parfois si serrés et si petits qu'il est difficile de les distinguer.

Lorsque le pigment apparaît sous forme de cristaux, sa cristallisation au sein des chondriocontes ou des plastes modifie plus ou moins la forme de ces éléments et leur donne des aspects cristallins (fuseaux, triangles).

3° Il peut arriver dans certains cas que les chondriocontes ou les chromoplastes chargés de pigment amorphe prennent des formes vaguement cristallines. Ces aspects qui s'observent également dans certains chondriocontes ou plastes dépourvus de pigments ont été interprétés par W. Schimper et A. Meyer comme résultant de la cristallisation d'une partie de la substance de ces éléments. Le fait qu'en lumière polarisée ces éléments ne présentent aucune biréfringence montre qu'il est difficile d'accepter cette opinion ; la forme de ces éléments s'explique facilement, d'ailleurs, maintenant que l'on sait qu'ils résultent de chondriocontes.

4° Les chromoplastes comme les autres plastes végétaux représentent simplement des mitochondries grossies qui ne se forment que lorsque le pigment est élaboré en grande quantité. Ils conservent les propriétés fondamentales des mitochondries, notamment celles de s'accroître et de se diviser. Ils présentent cependant le plus souvent de légères différences dans leur chimisme qui les distinguent des mitochondries ordinaires. D'autre part, dans les cas où le pigment est élaboré directement par des chondriocontes sans l'intermédiaire de plastes, ces chondriocontes acquièrent également de menues différenciations chimiques. Aussi peut-on considérer que tout élément mitochondrial qui élabore se différencie des mitochondries ordinaires même s'il en conserve la forme. Toute mitochondrie qui élabore peut donc être considérée à cet égard comme un plaste, c'est-à-dire comme une mitochondrie différenciée en vue d'une fonction spéciale. Les plastides, depuis longtemps connus des botanistes, et dont on n'avait observé jusqu'ici que les formes les plus évoluées semblent donc pouvoir être considérés comme une variété spéciale de mitochondries, différenciées de très bonne heure à partir de mitochondries ordinaires et adaptées en vue d'une fonction spéciale.

5° Presque toujours, les pigments des cellules épidermiques des fleurs et des fruits sont élaborés directement dans des chondriocontes ou des plastes sans qu'il y ait formation préalable de chlorophylle. Ces faits ne sont donc pas favorables en apparence à l'idée que les pigments xanthophylliens et carotiniens sont des dérivés de la chlorophylle (hypothèse de Lubimenko et Monteverde). Cependant, dans certains cas exceptionnels, ces pigments sont précédés d'une formation transitoire de chlorophylle.

6° Les processus de formation des pigments xanthophylliens et carotiniens par l'intermédiaire de mitochondries paraissent superposables aux processus d'élaboration de certains pigments de la cellule animale décrits récemment par Prenant, Policard, Mulon, Asvadourova et Luna.

# INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

**Albrecht**. — Sur la structure du protoplasme. XV$^e$ Congrès internat. de médecine. Lisbonne, 1906.

**Alexeiw**. — Mitochondries et corps parabasal chez les Flagellés (*Soc. Biol.*, 1917).

— Mitochondries et rôle morphogène du noyau (*Soc. Biol.*, 1917).

— Nature mitochondriale du corps parabasal des Flagellés (*Soc. Biol.*, 1917).

— Sur les mitochondries à fonction glycoplastique (*Soc. Biol.*, 1917).

— Sur la fonction glycoplastique du kinétoplaste chez les Flagellés (*Soc. Biol.*, 1917).

**Alvarado**. — Plastosomas y leucoplastos en Algunas fanerogamas. *Trabajos del Laboratorio de Investigaciones biologicas de la Universitad de Madrid*. 1918.

— El chondrioma y el systema vacuolar en las celulas vegetales (*Boletin de la Real Sociedad Espanola de Historia natural,* 1918).

— Sobre el estudio del condrioma de la celula vegetal con el metodo tano argentico (*Ibid,* 1918).

— Sobre el verdarero significado del " Sistema de fibrillas " conductor de las excitationes en las plantas de Nemec. (*Boletin de la Real Societad Espanola de Historia natural,* 1919).

**Altmann**. — Die Elementerorganismen und ihre Beziehungen zu den Zellen. Leipzig, 1894.

**Arbaumont** (d'). — Sur la formation de l'amidon dans les organes souterrains de quelques espèces herbacées (*Bull. Soc. Bot.*, 1916).

**Asvadourova**. — Recherches sur la formation des pigments de quelques cellules pigmentaires et des pigments (*Arch. d'Anat. microsc.,* 1913).

**Bang** et **Sjövall**. — Studien über chondriosomen unter normalen und pathologischen Bedingungen. Beiträge path. Anatomie und zur allgmeinen Path., 1916.

**Beauverie**. — Sur le chondriome des Basidiomycètes *(C. R. Ac. Sc.*, 1914).

**Beer** (Rudolph). — Sur les élaïoplastes *(Ann. of Botany*, 1913).

**Belzung**. — Marche totale des phénomènes amylo-chlorophylliens *(Journ. de Bot.*, 1895).

**Bokorny** — Ueber Aggregation *(Jahrb. f. wissensch. Bot.*, 1889).

**Bonnet** (J.). — L'ergastoplasme chez les végétaux *(Anat. Anzeiger*, 1911).

— Recherches sur l'évolution des cellules nourricières du pollen chez les Angiospermes *(Arch. f. Zellforschung*, 1912).

**Boulet**. — Sur la membrane de l'hydroleucite *(Rev. gén. Bot.*, 1900).

**Bredow**. — Beiträge zur Kenntniss der chromatophoren *(Jahrbücher f. wissensch. Bot.*, 1890).

**Bütschli**. — Untersuchungen über mikroscopische Schaume und das Protoplasma. Leipzig 1892.

**Buscalioni**. — Sui lipoïdi nei chloroplasti en nei cromoplasti *(Bollettino dell Academia Gioenia di Sc. nat. in Catania*, 1912).

**Carano**. — I mitochondri nelle cellule vegetali *(Annali di Botanica*, 1913).

**Cavers**. — Chondriosomes (mitochondries) and their signifiance *(New. Phytol.* XIII, 1914).

**Champy**. — Recherches sur l'absorption intestinale et le rôle des mitochondries dans l'absorption et la sécrétion *(Arch. d'Anatomie microscopique*, 1911).

— Recherches sur la spermatogénèse des Batraciens *(Arch. de Zoologie expér. et gén.*, 1914).

**Chaves**. — Sobre a cellula serosa pancreatica (ergastoplasma, chondrioma, paranucleos) *(Archivo de Anatomia e Anthropologia*, Lisbonne, 1917).

**Chodat**. — Contribution à l'étude des plastides (*Arch. des Sciences physiques et naturelles*, Genève, 1891).

— Sur la transformation des grains de chlorophylle en leucites amylogènes dans le pseudobulbe de *Calanthe Sieboldtii* (*Arch. des Sciences physiques et naturelles*, Genève, 1891).

— Principes de Botanique. Genève 1910.

**Chodat** et **Boubier**. — Sur la plasmolyse et la membrane plasmique (*Jour. Bot.*, 1896).

— Sur la membrane périplasmique (*Jour. de Bot.*, 1899).

**Chifflot** et **Gautier**. — Sur le mouvement intra-cytoplasmique à forme brownienne de granulations cytoplasmiques (*Jour. de Bot.*, 1905).

**Ciaccio**. — Zur Physiopathologie der Zelle (*Zentralbl. f. allgm. Path. u. path. Anatomie*, T. 24, 1913).

**Collin**. — Les mitochondries du cylindraxe des dendrites et des corps des cellules ganglionnaires de la rétine par le bleu de méthylène (*Soc. Biol.*, 1913).

**Combes** (Raoul). — Recherches microchimiques sur les pigments anthocyaniques (*Association pour l'avancement des Sciences*, Dijon, 1911).

— Production expérimentale d'une anthocyane identique à celle qui se forme dans les feuilles rouges en automne, en partant d'un composé extrait des feuilles vertes (*C. R. Ac. des Sc.*, 1913).

— Passage d'un pigment anthocyanique extrait des feuilles d'automne au pigment jaune contenu dans les feuilles vertes de la même plante (*C. R. Ac. des Sc.*, 1913).

— Sur la présence dans les feuilles et les fleurs ne formant pas d'anthocyane de pigments jaunes pouvant être transformés en anthocyane. (*C. R. Ac. des Sc.* 1914.)

— Le processus de formation des pigments anthocyaniques (*Rev. gén. de Bot.*, 1914).

**Correns**. — Ueber vegetabiliche Zellmembran (*Pringsheim Jahrb.*, T. XXVI, 1894).

**Courchet**. — Recherches sur les chromoleucites (*Ann. des Sc. nat. Bot.*, 1888).

**Cowdry** (N.-H.). — The vital Stainig of Mitochondria white Janus green and Diethylsafranin in Human Blood cells *(Inter. Monatsch. Anat. u. Phys.*, 1914).

— A comparaison of mitochondria in Plant and animals cells *(The Biological Bull.*, 1917).

— The Cytology of the Myxomycetes with special Reference to mitochondria *(Biological Bull.*, 1918).

**Crato**. — Beitrag. zur Kenntniss der Protoplamastruktur *(Ber. d. Deutsch. Bot. Ges.*, 1892).

**Dangeard**. — Note sur les corpuscules métachromatiques des Levures *(Bull. Soc. myc. de Fr.*, T. XXXII, 1916).

— La métachromatine des Mucorinées *(Bull. Soc. myc. de Fr.*. T. XXII, 1916).

— La métachromatine chez les Algues et les Champignons *(Bull. Soc. Bot. de Fr.*, 1916).

— Sur la nature et le rôle du chondriome *(C. R. Ac. des Sc.*, 1918).

— Nouvelles recherches sur la nature du chondriome et ses rapports avec le système vacuolaire *(Bull. Soc. Bot. de Fr.*, 1916).

**Detmer**. — Ueber die Natur and Bedeutung der physiologischer Elemente das Protoplasmas *(Ber. d. D. Bot. Ges.*, 1892).

**Degen**. — Untersuchungen über die Kontractile vacuole und die Wabenstruktur des Protoplasmas *(Bot. Zeitung.*, 1905).

**Derschau** — Zum Chromatindualismus der Pflanzenzelle *(Arch. f. Zellforschung*, 1913).

**Dop**. — Recherches sur le rôle des différenciations cytoplasmiques du suçoir micropylaire de l'albumen de *Veronica persica* *(Rev. gén. de Bot.*, 1914).

**Dubois** (Raphaël). — Leçons de Physiologie générale et comparée. Paris, 1896.

— Remarques à propos de la Note de M. Fauré-Fremiet sur la structure du protoplasma chez les Protozoaires *(Soc. Biol.*, T. LXI, 1906).

— Les vacuolides. Réponse à M. Kunstler *(Soc. Biol.*, 1906).

— Les vacuolides de la purpurase et la théorie vacuolidaire *(Ac. des Sc.*, 1914).

— Vie et lumière. Paris, 1914.

**Dubreuil** (G.). — La mitochondrie, forme la plus apte à la multiplication des éléments du chondriome *(Assoc. des Anatomistes*, 1912).

— Le chondriome et le dispositif de l'activité sécrétoire aux différents stades du développement des éléments cellulaires de la lignée connective descendants du lymphocyte *(Arch. d'Anat. micr.*, 1913).

**Duesberg**. — Plastosomen, Apparato reticulare interno, und chromidialapparat *(Anatomische Hefte*, 1913).

**Dufrénoy**. — Dégénérescence graisseuse et dégénérescence essentielle *(Soc. Biol.*, 1918).

**Engelmann**. — Neue Methode zur Untersuchung der Sauerstoffausscheidung pflanzlicher und thierscher organismen, *(Bot. Zeitung*, 1881).

— Farbe und Assimilation *(Bot. Zeitung*, 1888).

**Eriksson**. — Développement primaire du Mildiou (*Phytophtora infestans)* au cours de la végétation de la Pomme de terre *(Rev. gén. de Bot.*, 1917).

**Escher**. — Zur Kenntniss des Carotins und Lycopins. Zurich, 1909.

**Fauré-Fremiet**. — Etude sur les mitochondries des Protozoaires et des cellules sexuelles *(Arch. d'Anat. micr.*, 1911).

— Étude cytologique sur quelques Infusoires des marais salants du Croisic *(Arch. d'Anat. micr.*, 1912).

— Le cycle germinatif chez l'*Ascaris megalocephala* (*Arch. d'Anat. micr.*, 1913).

**Fauré-Fremiet, Mayer** et **Schäffer**. — Sur la constitution et le rôle des mitochondries *(Soc. Biol.*, 1909).

— Sur les réactions chimiques des mitochondries (*Soc. Biol.*, 1909).

**Fischer** (A.). — Fixierung, Farbung und Bau des Protoplasma. 1899.

**Fiessinger**. — Contribution à l'étude des dégénérescences de la cellule hépatique au cours de certaines intoxications brutales chez les Batraciens (*Soc. de Biol.*, 1909).

— La cellule hépatique (*Rev. gén. d'Histologie*, 1911).

**Flemming**. — Morphologie der Zelle (*Ergebniss der Anat. und Entwicklungesgesch.*. 1893-1894-1896 et 1898).

**Forenbacher**. — Die chondriosomen als chromatophorenbildner (*Ber. d. Deutsch. Bot. Gesell.*, T. XXIX, 1911).

**Fritsch**. — Ueber farbige Körnige Stoffe der Zellinhalt (*Jarb. f. wissens. Bot.*)

**Gaidukow**. — Ultramikroskopische Untersuchungen über das Protoplasma (*Med. Klein Jahr.*, 1907).

— Die Ultramikroskopie an Zellen (*Munschen med. Wochenschr.*, 1907).

**Galippe**. — Parasitisme des graines toxiques ou riches en huiles essentielles (*Ac. des Sc.*, 1917).

— Nouvelles recherches sur la présence d'éléments vivants dans le tissu musculaire normal (parasitisme normal et microbiose) (*Ac. de Méd.*, 1910).

**Graffe** (V.) . — Studien über das Anthocyane (*Sitzungsber. der Kaiser. Akad. den Wissenschaften in Wien*, 1906 et 1909).

**Goldeswky**. — Flora, 1887.

**Göppert** et **Cohn**. — Ueber die Rotation des Zelleninhaltes in Nittela flexilis (*Bot. Zeitung*, 1849).

**Guilliermond**. — Recherches sur l'origine des plastes (chloro-amylo- et chromoplastes) et sur le mode de formation de l'amidon. Contribution à l'étude des mitochondries de la cellule végétale (*Arch. d'Anat. micr.*. 1912).

— Sur l'étude vitale du chondriome dans les cellules épidermiques de la fleur d'*Iris germanica* (*Soc. Biol.*, 1913).

— Recherches cytologiques sur le mode de formation des pigments anthocyaniques. Seconde contribution à l'étude des mitochondries (*Rev. gén. de Bot.*, 1913).

— Nouvelles observations vitales sur le chondriome des cellules épidermiques de la fleur d'*Iris germanica*. I. Elaboration d'amidon et de xanthophylle au sein des chondriocontes (*Soc. Biol.*, 1915).

— Nouvelles observations vitales sur le chondriome des cellules épidermiques de la fleur d'*Iris germanica*. II. Production de globules graisseux au sein des mitochondries et des plastes. Fixation du chondriome (*Soc. de Biol.*, 1915).

**Guilliermond.** — Quelques observations cytologiques sur le mode de formation des pigments anthocyaniques dans les fleurs (*Ac. des Sc.*, 1915).

— Sur l'origine des pigments anthocyaniques (*Ac. des Sc.*, 1915).

— Recherches sur le chondriome des Champignons et des Algues (*Rev. gén. de Bot.*, 1915).

— Sur une méthode nouvelle permettant la coloration des grains d'amidon au sein des mitochondries (*Soc. Biol.*, 1916).

— Recherches sur l'origine des chromoplastes et le mode de formation des xanthophylles et des carotines (*Ac. des Sc.*, 1917).

— Observations vitales sur le chondriome des cellules épidermiques de la fleur de Tulipe (*Ac. des Sc.*, 1917).

— Sur les caractères et les altérations du chondriome des cellules épidermiques de la fleur de Tulipe (*Ac. des Sc.*, 1917).

— Contribution à l'étude de la fixation du cytoplasme (*Ac. des Sc.*, 1917).

— Nouvelles recherches sur les caractères vitaux et sur les altérations du chondriome dans les cellules épidermiques des fleurs (*Soc. de Biol.*, 1917).

— Sur les processus de dégénérescence du chondriome dans les cellules épidermiques des fleurs pendant la fanaison (*Soc. Biol.*, 1917).

— Sur la plasmolyse des cellules épidermiques de la feuille d'*Iris germanica* (*Ac. des Sc.*, 1918).

— Sur la nature et la signification du chondriome dans la cellule végétale. Réponse à quelques objections (*Ac. des Sc.*, 1918).

— Sur le chondriome des Champignons. A propos des travaux récents de M. Dangeard (*Soc. de Biol.*, 1918).

— Sur la plasmolyse des cellules épidermiques des pétales de la fleur de Tulipe (*Soc. Biol.* 1918).

— Sur la signification du chondriome (*Ac. des Sc.* 1918).

— Mitochondries et système vacuolaire (*Ac. des Sc.*, 1918).

— Sur la métachromatine et les composés phénoliques (*Ac. des Sc.*, 1918).

— Sur la signification du chondriome (*Rev. gén. de Bot.*, 1918).

**Guilliermond.** — Sur l'origine mitochondriale des plastides (*Ac. des Sc.*, 1918).

— Mitochondries et symbiotes (*Soc. Biol.* 1919).

— Sur l'origine mitochondriale des plastides. Réponse à un travail de M. Mottier (*An. des Sc. nat.*, 1919).

**Guttenberg**. — Beiträge zur physiologischen Anatomie der Pilzgaller. Leipzig, 1905).

**Haberlandt**. — Ueber fibrilläre Plasmastrukturen (*Ber. den Deutsch. bot. Ges.*, T. XIX, 1901.

**Hanstein**. — Das Protoplasma als Träger der pflanzlichen und thierschen Lebensverrichtungen. Heidelberg, 1888.

**Henneguy**. — Leçons sur la cellule. Paris, 1896).

**Hoffmeister.** — Die Lehre von der Pflanzelle. 1867).

**Hoven**. — Du rôle du chondriome dans l'élaboration des produits. de sécrétion de la glande mammaire (*Anat. Anzeiger*, 1911).

— Contribution à l'étude du fonctionnement des cellules glandulaires (*Arch. f. Zellforschung*, 1911).

**Janse**. — Die Bewegungen der Protoplasma von *Caulerpa prolifera* (*Jahrbücher f. wiss. Bot.*, 1889).

**Janssens, Van de Putte** et **Helsmortel**. — Le chondriome dans les Champignons. La cellule. 1913).

**Keller** (Ida). — Ueber Protoplasma Ströning in Pflanzenreich. Zurich, 1890.

**Kohl**. — Protoplasmaverbindungen bei Alguen (*Ber. d. Deutsch. bot. Ges.*).

**Kölsch**. — Untersuchungen über der Zerfliessugserrcheinungen der Ciliaten Infusorien (*Zool. Jahrb. Anat.*, 1902).

**Kölliker**. — Handbuch des Gewebelehre des Menschen. Leipzig, 1889.

**Klebbs**. — Beiträge zur Physiologie der Pflanzenzell (*Untersuchungen bot. nat. Tübingen*, 1888).

**Klemm**. — Desorganisationerscheinung der Zelle (*Jahrb. f. wiss. Bot.*, 1895).

**Kunstler**. — De la constitution du Protoplasma (*Bull. Scient. du Nord*, 1882).

**Kunstler** et **Gineste**. — Les sphérules trophoplasmiques des Infusoires (*Ac. des Sc.*, 1905).

**Kuster**. — Zelle und Zellteilung (*Handwortesbuch der Naturwisenschaften*, 1914).

**Laguesse**. — Le Pancréas (*Revue générale d'histologie*, 1905).

— Méthode de coloration vitale des chondriosomes par le vert Janus (*Soc. de Biol.*, 1912).

**Laguesse** et **Debyre**. — Sur les formes des chondriosomes dans quelques glandes salivaires par le vert Janus (*Soc. Biol.*, 1912).

**Laurent**. — Un nouveau type de maladie des plantes. La dégénérescence graisseuse. Rech. Biol. expér. appl. à l'agriculture, 1901-1903.

**Leclerc du Sablon**. — Recherches sur la germination des graines oléagineuses (*Rev. gén. Bot*,, 1895).

**Levi**. — Sulla presenta participazioni die chondriosome alla differenziazoni cellulare (*Arch. d'Anat. di Embbyogie*, 1911).

— Noti citol. sulle cellule somaticho dell ovario dei mammiferi (*Arch. f. Zellforsch*, 1913).

**Lewis** (R. et H.). — Mitochondria in tissue cultures (*The American Journal of Anatomie*, 1915).

**Lewitsky**. — Uber die Chondriosomen in pflanzlichen Zellen (*Ber. d. Deutsch. Bot. Ges.* T. XXVIII, 1911).

— Die chloroplastenanlagen in lebenden und fixierten Zellen von *Elodea canadensis* (*Ber. der Deutsch. Bot. Ges.* T. XXIX, 1912).

— Vergliechende Untersuchung über die Chondriosomen in lebenden und fixierten Pflanzenzellen (*Ber. d. Deutsch. Bot. Ges.* T. XXIX, 1912).

— Die Chondriosomen als Sekretbildner bei den Pilzen.

**Lœb**. — La dymanique des phénomènes de la vie. Paris. Alcan, 1908.

**Löwschin**. — Myelinformen und Chondriosomen (*Ber. d. Deutsch. Bot. Gesell.*, 1913 et 1914).

— Zur Frage über die Bildung der Anthocyan in Blättern der Rosa (*Ber. d. Deutsch. Bot. Ges.*, 1914).

**Lubimenko**. — Recherches sur les pigments des chromoleucites (*C. R. Ac. Sciences,* 1912).

— Quelques recherches sur la lycopine et ses rapports avec la chlorophylle (*Rev. gén. Bot.;* 1914).

**Luna**. — Ricerche sulla biologica dei condriosomi (*Arch. f. Zellforschung).*

**Lundgard**. — Ein Beitrag zur Kritik zweier Verebungshypothesen. Ueber Protoplasmastrukturen in der Wurzelmeristenzellen von *Vicia Faba* (*Jahrb. f. wiss. Bot.* 1910).

**Maggi**. — La mielina nella diffluenza degli Infusori (*Rendic. Ist. Lomb. Sc.*, lett. T. IX, 1876).

— I. Plastiduli nei ciliati e plastiduli liberimente vivente (*Atti della Soc. It. Scienze nat. Milano*, 1878).

**Mann**. — Définition, structure et composition du protoplasme. Xe Congrès intern. de Médecine. Lisbonne, 1903.

**Maximow**. — Sur les chondriosomes des cellules vivantes des plantes (*Anat. Anzeiger,* 1912).

— Sur les méthodes de fixation et de coloration des chondriosomes (*Soc. de Biol.,* 1916).

**Matruchot**. — Sur une structure particulière du protoplasme (*Rev. gén. Bot.* 1900).

**Matruchot** et **Molliard**. — Action du gel sur les cellules végétales (*Rev. gén. Bot.,* 1902).

**Mayer** (A.), **Rathery** et **Schäffer**. — Sur le protoplasme de la cellule hépatique (*Soc. de Biol.*, 1912).

— Action des fixateurs chromo-osmiques sur les lipoïdes des tissus (*Soc. Biol.*, 1912).

**Mayer** et **Schäffer**. — Sur la structure des gels. Application à l'étude de la constitution du protoplasma et des liquides de l'organisme (*Soc. Biol.,* 1908).

**Mayer** et **Schäffer**. — Une hypothèse de travail sur le rôle physiologique des mitochondries (*Soc. Biol.*, 1913).

**Mawas, Mayer** et **Schäffer**. — Action de quelques fixateurs des cellules nerveuses sur la composition des tissus (*Soc. Biol.*, 1912).

**Meyer** (Arthur). — Das Chlorophyllkorn in chemischer, morphologischer und biologischer Beziehung. Leipzig, 1883.

— Bemerkungen zu G. Lewitsky : Uber die Chondriosomen in pflanzenlichen Zellen (*Ber. d. Deutsch. Bot. Ges.*, 1911).

— Die Allinante. Zugleich eine Antwort auf die Darstellung von Guilliermond (*Ber. d. D. Bot. Ges.*, 1916).

**Meves**. — Die chloroplastenbildung bei den höheren Pflanzen und die Allinante von A. Meyer. (*Ber. d. Deutsch. Bot. Ges.*, 1916).

— Die Spermatocytenteilungen bei der Howigbiene (*Arch.*
— *f. mikr. Anat.*, 1907).

**Monteverde** et **Lubimenko**. — Sur la formation de la chlorophylle chez les Plantes. IV. Sur la rhodoxanthine et la lycopine (*Bull. de l'Ac. nat. des Sc. de Saint-Pétersbourg*, 1913).

**Moreau** (F.). — L'origine et la transformation des produits anthocyaniques (*Soc. Bot. de France*, 1914).

— L'origine de la rhodoxanthine de l'arille de *Taxus baccata* (*Soc. Bot. de France*, 1914).

— Sur l'origine de l'anthocyane dans les divers organes des végétaux (*Soc. de Biol.*, 1914).

— Sur les phénomènes d'autochromatisme dans les cellules à anthocyane (*Soc. Bot. de Fr.*, 1914).

— Sur l'origne mitochondriale de la lycopine (*Soc. Bot. de Fr.*, 1916).

**Mottier**. — Les chondriomes et les primordias des chloroplastes et des leucoplastes (*Ann. of Bot.*, 1918).

— Plastids. — *Academy of Sciences Proceedings*, 1918.

**Michaelis**. — Die vitale Farbung : ein Darstellungsmethode den Zellgranula (*Arch. j. mik. Anat.*, 1899).

**Milliardet**. — Sur une matière colorante nouvelle découverte dans la Tomate, 1876.

**Mirande** (M.). — Observation sur le vivant de la formation stologique de l'anthocyane *(Ac. des Sc.*, 1916).

— Sur le chondriome, les chloroplastes et les corpuscules nucléolaires du protoplasme des *Chara (Ibid.*, 1919.)

— Sur la formation cytologique de l'amidon et de l'huile dans l'oogone des *Chara* (*Ibid.*, 1919).

**Molisch**. — Untersuchungen über Erfrieren der Pflanzen. Iena, 1897.

**Mulon**. — Modes de formation du pigment figuré dans la corticale surrénale *(Soc. Biol.*, 1912).

— Du rôle des lipoïdes dans la pigmentogénèse *(Soc. Biol.*, 1913).

**Nemec**. — Ueber Ausgabe ungelöster Körper in hautmuchätiten Zellen. *Sitz. böm. Ges. Wien*, 1899.

— Das Problem der Befruchtugsvärgänge und andere zytologischen Fragen. Berlin.

Sur la néoformation expérimentale de vacuoles dans des cellules entourées d'une membrane. *Sitz. der Kais. Akad, Wien*, 1906.

**Nicolosi-Roncati**. — Genesi dei cromatofori nelle Fucoïdee *(Bull. della Soc. Bot. ital.*, 1912).

**Nägeli**. — Pflanzenphysiologie Untersuchungen, 1858.

**Nägeli** et **Schwendener**. — Das Mikroscop. Leipzig, 1877.

**Nicolas, Favre** et **Regaud**. — Sur les mitochondries des glandes sébacées de l'homme et sur la signification générale de ces organites du protoplasme *(Assoc. des Anatomistes*, 1902).

**Orman**. — Recherches sur les différenciations cytoplasmiques (ergastoplasme et chondriosomes dans les végétaux. La cellule. (T. XXVIII, 1912 .*(Jahr. f. wiss. Bot.*, 1899).

**Overton**. — Studien über die Aufnähme der Anilinfarben durch lebende Zellen *(Jahr. f. wiss. Bot.*, 1899).

**Pensa**. — Osservazione der morfologica e biologie cellulare nec vegetali *(Arch. f. Zellsforschung*, 1913).

— Chondriosomi e pigmento anthocianico nelle cellule vegetali *(Anatomischer Angeiger*, 1913).

— Ancora a proposito di condriosomi e pigmento antocianino nelle cellule vegetali *(Anat. Anzeiger*, 1914).

**Pensa**. — Fatti e considerazioni a proposito di alcune formazioni endocellulari dei vegetali (*Memorie der R. Istituto Lombardo de Scienze e lettere*, 1917).

**Pfeffer**. — Zur Kentniss der Plasmahaut und der Vacuolen nebst Bemerkungen über des Aggregatzustend der Protoplasmas und über osmostische vorgänge. *Abhandlungen der math. phys. classe der Königel. Sächsichen Gesell. der Wissench.* 1890.

**Policard**. — Attitude fonctionnelle du chondriome de la cellule hépatique. Rapports des chondriosomes et du noyau (*Soc. Biol.*, 1912).

— Sur la structure des mitochondries (*Soc. Biol.*, 1909).

— Rôle du chondriome dans la formation des cristaux intracellulaires d'hémoglobine de la cellule hépatique (*Soc. Biol.*, 1911).

— Sensibilité des mitochondries à la chaleur (*Soc. Biol.*, 1912).

— Sur le rôle du chondriome dans la formation des cristaux intraprotoplasmiques d'hémoglobine dans la cellule hépatique (*Bibliog. anatomique*. T. XII, 1912).

**Politis**. — Sopra speciali corpi cellulare che formato antocianine. (*Atti dell' Istituto Botanico della R. Universita di Pavia*, 1911).

**Ponomarew**. — Zur Kenntn. des Chloroplastenbaues (*Ber. d. Deutsch. Bot. Ges.*, 1914).

**Portier**. — Rôle physiologique des Symbiotes (*Ac. des Sc.*, 1917).

**Prenant**. — Traité d'Histologie. Paris, 1903.

— Les mitochondries et l'ergastoplasme (*Journ. de l'Anat. et de la Physiologie*).

— L'origine mitochondriale des pigments (*Soc. de Biol.*, 1913.

**Pringsheim**. — Untersuch. über Lichtwirkung und Chlorophyllfunction, Leipzig, 1882.

**Quincke**. — Ueber freiwillige Bildung von höhlen Blasen, Schaümen und myelinformen durch öelsaure Alkalien (*Annalen de Phy. und. Chemie,* T. XXXV, 1894).

**Renaut** (J.). — De l'activité sécrétoire et de la fonction glandulaire (*Rev. de médecine,* 1911).

**Renaut** (J.). — Mitochondries des cellules globuleuses du cartilage hyalin des Mammifères (*Ac. des Sc.*, 1912).

**Regaud**. — Etude sur la structure des tubes séminifères et sur la spermatogénèse chez les Mammifères (*Arch. d'Anat. microsc.*, 1910).

— Les mitochondries, organites du protoplasma considérés comme les agents de la fonction éclectique et pharmacopexique de la cellule (*Rev. de médec.*, 1911).

**Regaud** et **Mawas**. — Sur la structure du protoplasme (ergastoplasme, mitochondries, grains de ségrégation) dans les cellules des canaux excréteurs et dans les cellules sérozymogènes des acini de quelques glandes salivaires des Mammifères (*Assoc. franç. des Anatomistes*, 1910).

**Regaud et Favre**. — Mitochondries du carcinome de la mamelle (*Soc. Biol.*, 1911).

— Sur les formations mitochondriales dans les cellules néoplasiques des épitheliums de la peau dermo-papillaire (*Soc. Biol.*, 1913).

**Regaud** et **Policard**. — Sur la signification de la rétention du chrome en technique histologique au point de vue des lipoïdes et des mitochondries (*Soc. Biol.*, 1913).

**Retterer**. — Du développement et de la structure du tissu adipeux (*Soc. Biol.*, 1915).

**Retzius**. — Was sind die Plastosomen (*Arch. f. mikros. Anat.*, 1914).

**Romeis**. — Beobachtungen über Degenerationserscheinungen von Chondriosomen (*Arch. f. mikr. Anat.* 1912).

**Romieu**. — Sur les mouvements intracytoplasmiques des mitochondries (*Soc. de Biol.*, 1911).

**Rudolph**. — Chondriosomen und Chromatophoren (*Ber. der Deutsch. Bot. Ges.*, 1912).

**Rufz de Lavison**. — Recherches sur la pénétration des sels dans le protoplasme et sur la nature de leur action toxique (*Ann. Sc. naturelles, Bot.*, 1911).

**Rulhand**. — Beiträge zur Kenntniss der Permeabilität der Plasmahaut (*Jahrb. f. wiss., Bot.*, 1908).

**Sapehin**. — Untersuchungen über die Individualität der Plastide (*Ber. der Deutsch. Bot. Gesell.* 1913 et Odessa 1913).

**Sauvageau**. — Sur le mouvement propre des chromatophores (*Ac. des Sc.*, 1917).

**Scherrer**. — Die chromatophoren und chondriosomen von Anthoceros (*Ber. der Deutsch. Bot. Gesell.* 1913 et *Flora*, 1914).

**Schimper** (William). — Ueber die Entwickelung der chlorophyllenkörner und Farbkörper (*Bot. Zeitung*, 1883).

— Untersuch. über die Chlorophyllkörper und die inben homologen Gebilde (*Jahrb. wiss. Bot.*, 1885).

**Schmidt** (E.-W.). — Neuere Arbeiten über pflanzliche Mitochondrien. *Zeitschrift. Bot.* et *Progressus rei Botanicæ* 1902.

**Schneider**. — Plasmastruktur und Bewegung bei Protozoen und Planzenzellen. *Arbeiten aus der Zoologischen Instituten der Univers.*, Wien 1906.

**Schwartz**. — Die morph. und Chemie Zusammensch. des Protoplasma (*Beiträge zur Biologie der Pflanzen.* 1887).

**Seifriz** (William). — Observations on the Structure of Protoplasme by Aid of microdissection. Biological (*Bull.* T. XXXIV, 1918).

**Stoklasa**. — Ueber die Verbreitung und physiologische Bedeutung des Lecithins in der Pflanze. *Stizungsberichte der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien. Math. nataru. classe*, 1896.

**Strasburger**. — Uber Cytoplasmastrukturen (*Jahrb. wiss. Bot.*, 1897).

— Die pflanzlichen Zellhaüte. *Prinzsheim Jahrbücher*, T. XXXI.

— Ueber Plasmaserbindungen pflanzlichen Zellen. *Jahrb. wiss. Bot.*, 1901).

**Trécul**. — *Ann. des Sc. naturelles, Bot.*, 1858.

**Tschirch**. — Unters. über das chlorophyll. Berlin, 1884.

**Tswett.** — Etude de physiologie cellulaire (*Arch. des Sc. nat.*, Genève, 1896.

— Sur la membrane périplasmique (*Journ. de Bot.*, 1899).

**Tunman** (O). — Pflanzensmikrochemie. Bornträger, éd. Berlin, 1913.

**Van Tieghem.** — Traité de Botanique.

**Vervorrn.** — Der Körnige Zerfall. Ein Beitrag zur Physiologie des Todes (*Arch. Ges. P. Cys.*, 1896).

**Voïnov.** — Sur l'existence d'une chondriodiérèse (*Soc. Biol.*, 1916).

**Vries** (H. de). — Plasmolytische Studien über die Wand der Vacuolen (*Jahrb. f. wiss. Bot.*, 1885).

— Ueber die Aggregation in Protoplasma von *Drosera rotundifolia* (*Bot. Ztg.*, 1886).

**Vuillemin.** — Revue de mycologie (*Rev. gén. des Sc.*, 1917).

**Wakker.** — Studien über die Inhalskörper Pflanzenzellen (*Jahrb. viss. Bot.*, 1888).

**Weiss.** — Unters über die Entwicklungsgeschichte der Farbstoffers in Pflanzenzellen (*Sitzb. d. Wien Acad.*, 1864 et 1866).

**Went.** — Die Vermehrung der normalen vacuolen durch Theilung (*Jahrb. f. wiss. Bot.*, 1888).

**Wiesner.** — Untersch. die organisation die vegetabilischen Zellhaut (*Sitz. d. Kais. Ak. d. wiss. zu Wien.*, 1886).

— Versuche einer Erklärung der Wachstum der Pflanzenzelle (*Sitz. d. Kais. Ak. d. wiss. zu Wien.*, 1890).

— Die Elementarstruktur und Wachstum des lebenden Substanz. Wien., 1892.

**Wilson.** — Les chondriosomes des spermatozoïdes (*Proceeding of the National Academy of Sc., U. S. A.*, Juin 1916).

**Willstätter.** — (*Ann. des Chem.*, 1916).

**Willstätter** et **Escher.** — *Liebigs* (*Annalen d. Chemie*, 1911).

— Ueber den Farbstoff des Tomate (*Hope Seyler' s Zeitschr. f. physiol. Chemie.*, 1910).

**Woycicki**. — Ueber die mitochondrienähnlichen Gebilde in den Gonotokonten und gonen bei *Malva sylvestris* (*Sitz. wiss. Ges. Warschau*, 1912).

**Zacharias**. — Ueber Kinoplasma (*Verh. Ges. Deutsch. Naturf.*, 1902).

**Zimmermann.** — Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Pflanzenzelle, 1890-93.

# EXPLICATION DES PLANCHES

Toutes les figures ont été dessinées à la chambre claire de Zeiss, à l'aide des objectifs apochromatiques à immersion homogène 1,2 mm. et 1,5 mm. de Zeiss et de l'oculaire compensateur 6 de Zeiss.

## Planche 10

*Cellules épidermiques des pétales de* Tulipa suaveolens (*variété blanche) observées sur le vivant en solution isotonique. (Grossissement :* 825).

Figures 1 à 4. — Cellules d'une très jeune fleur. La mise au point a été faite, dans cette figure comme dans les suivantes, sur la partie de la face de la cellule située au-dessous de l'objectif; on ne voit par conséquent que la portion la plus externe du cytoplasme et l'on ne distingue pas nettement les vacuoles. Le cytoplasme présente un aspect homogène avec un chondriome presque exclusivement constitué par des mitochondries granuleuses ou en courts bâtonnets *(M)*. Quelques petits globules graisseux *(GG)*, se distinguant des mitochondries par leur plus forte réfringence, s'aperçoivent dans le cytoplasme. Un globule graisseux, plus gros que les autres *(O)* se distingue au voisinage du noyau. Dans la figure 1, il est encore très petit.

Figures 5 à 6. — Cellules à un stade plus avancé. Le chondriome renferme en dehors des mitochondries granuleuses ou en courts bâtonnets, de nombreux chondriocontes qui forment sur leur trajet, généralement à l'une de leurs extrémités, de petits grains d'amidon simples ou composés *(A)* qui se présentent comme de petits corpuscules brillants.

Figures 7 à 13. — Stades plus avancés, après la résorption de l'amidon. Les chondriocontes s'allongent beaucoup. *O*, gros corpuscules oléagineux, au nombre de 1 ou parfois 2 par cellule. Dans la figure 8, on a représenté la même cellule en *a* et *a'*, vue sous deux aspects différents. Dans *a*, la mise au point a été faite sur la partie la plus externe ; on ne distingue que la zone pariétale de la cellule située au-dessous de l'objectif. Dans *a'*, la mise au point a été faite sur la partie centrale de la cellule : on observe de grosses vacuoles à droite et à gauche du noyau. Le chondriome n'a pas été représenté.

Figure 12. — Portion (1) d'une cellule de fleur venant de s'ouvrir : la mise au point a été faite sur la partie centrale de la cellule. On distingue une énorme vacuole entourée d'une mince zone pariétale de cytoplasme. La partie de cette zone située à droite se trouve reliée au noyau placé à gauche par de très minces trabécules.

Figure 14. — Cellule au même stade que la précédente, mais mise au point sur sa partie externe. On n'y voit que la zone pariétale de cytoplasme de cette face.

---

(1) Par suite d'une erreur du lithographe dans le numérotage, les figures de beaucoup de nos planches ne se suivent pas dans l'ordre de leurs numéros.

## PLANCHES 11 et 11 bis

*Cellules épidermiques de pétales de* Tulipa suaveolens *observées sur le vivant en milieu isotonique. (Grossissement :* 1500).

Figures 1 et 2. — Cellules d'une variété blanche dans une fleur ouverte. La mise au point ayant été faite dans cette figure comme dans les suivantes sur la couche pariétale se trouvant située perpendiculairement à l'axe de l'objectif, la vacuole ne s'aperçoit pas et on ne voit que le cytoplasme pariétal de la face de la cellule examinée. Le chondriome est constitué par des mitochondries granuleuses *(m)* et des chondriocontes longs et onduleux *(c)*. On observe en outre de petits globules graisseux *(g g)*, se distinguant des mitochondries par une réfringence plus forte, disséminés dans tout le cytoplasme, et un gros globule graisseux *(O)*, visible seulement dans la figure 1.

Figures 4 et 5. — Cellules d'une variété jaune et rouge, dans une fleur encore jeune et fermée dans laquelle commence l'élaboration du pigment jaune. La mise au point fait que la vacuole remplie d'anthocyane qui occupe la majeure partie de la cellule est vue par transparence à travers la mince zone de cytoplasme pariétale qui la recouvre et donne l'illusion que le cytoplasme est coloré en rouge pâle. Le chondriome est constitué par des chondriocontes *(C)*, imprégnés de xanthophylle et des mitochondries granuleuses incolores *(M)*. *Gg*, petits globules graisseux, disséminés dans le cytoplasme. *O*, gros corpuscule oléagineux.

Figures 6 et 7. — Cellules de la même variété dans une fleur ouverte. La coloration rouge uniforme de la cellule est due, comme dans la précédente, au pigment anthocyanique dissous dans la grosse vacuole qui occupe la majeure partie de la cellule. Les chondriocontes sont plus longs et plus épais que dans le stade précédent. Ils renferment dans leur intérieur des globules graisseux qui, pour la simplicité du dessin, n'ont pas été représentés ici.

Figure 8. — Quelques chondriocontes dans une variété jaune, ayant sur la fin de la vie de la fleur une tendance à former sur leurs trajets des renflements qui leur donnent un aspect moniliforme ; ils sont remplis de globules graisseux non représentés ici.

Figures 9 et 10. — Stades ultérieurs de l'évolution de ces chondriocontes, dont les renflements finissent par s'isoler et prendre l'aspect de petits plastes arrondis, remplis de globules graisseux très réfringents.

## PLANCHE 12

*Altérations des cellules épidermiques des pétales d'une variété blanche de* Tulipa suaveolens, *sous l'influence d'un milieu hypotonique. (Grossissement :* 1500).

Figure 1. — Cellule dans laquelle les chondriocontes, sous l'influence de l'eau, se sont gonflés en grosses vésicules.

Figure 2. — Fragment de cellule ayant subi l'action de l'eau : les chondriocontes sont tous transformés en petites vésicules et le cytoplasme a formé de nombreuses vacuoles.

Figures 3 et 4. — Cellules ayant subi une action plus prolongée de l'eau et déjà mortes. Les vésicules résultant de la transformation des chondriocontes sont devenues énormes ; leur paroi a une tendance à se résoudre en petites granulations réfringentes. Par leur ensemble, ces vésicules simulent une structure alvéolaire du cytoplasme.

Figure 5. — Chondriocontes d'une cellule commençant à s'altérer ; les chondriocontes forment sur leur trajet de petites vésicules, qui ensuite s'isolent par rupture des parties effilées qui les unissent.

Figure 6. — Stade plus avancé : les vésicules isolées deviennent plus grosses.

Figures 8 et 7. — Les vésicules finissent par éclater (8) et les restes de leur paroi se résolvent en petits grains réfringents (7).

## PLANCHES 13 et 13 bis

*Altérations des cellules épidermiques des pétales de* Tulipa suaveolens *(variété jaune), en milieu hypotonique. (Grossissement :* 1500).

Figure 1. — Cellule avec anthocyane, au début de l'altération : les chondriocontes chargés de xanthophylle sont en voie de se gonfler et de se résoudre en petites vésicules ; les mitochondries granuleuses sont encore intactes.

Figures 2 et 3. — Cellules sans anthocyane à un stade plus avancé de l'altération : les chondriocontes ont pris l'aspect de grosses vésicules. Dans la figure 2, certaines de ces vésicules ont encore des appendices effilés. Dans la figure 3, ces vésicules sont toutes sphériques et pressées les unes contre les autres, donnant au cytoplasme un aspect alvéolaire. Dans les deux figures, les mitochondries granuleuses sont elles-mêmes transformées en petites vésicules. Le noyau a pris un aspect spongieux.

Figures 6 et 7. — Cellules à anthocyane, très altérées dans lesquelles les vacuoles se sont contractées.

Figures 8 et 9. — Cellules à la fin de leur altération ; la vacuole s'est résorbée et le cytoplasme est réduit à une sorte de précipité granuleux dans la cavité cellulaire. Les vésicules provenant des chondriocontes ont presque toutes éclaté et sont réduites à leur paroi. Dans la figure 8, on aperçoit des globules jaunes qui résultent de la séparation des grains de pigments des chondriocontes désorganisés et du fusionnement de ces grains. Le noyau, réduit à une sorte de vésicule déformée *(n)* dans la figure 9, s'est résorbé dans la figure 8.

Figure 10. — Stades successifs de l'altération des chondriocontes : *a)* Début du gonflement et de la résolution en vésicules ; *b* à *g*, fin de l'altération : gonflement des vésicules.

## PLANCHES 14 et 14 bis

*Plasmolyse des cellules épidermiques des pétales de* Tulipa suaveolens. *(Grossissement :* 1500).

Figure 1. — Cellule d'une variété jaune, au début de la plasmolyse, provoquée par une solution de saccharose à 15 °/₀. Le protoplasme, encore incomplètement contracté, reste rattaché à la membrane cellulosique par de minces filaments arborescents.

Figure 2. — Cellule d'une variété blanche au même stade que la précédente et plasmolysée par une solution de saccharose à 15 °/₀ additionnée de rouge neutre. Le rouge neutre s'est fixé sur le contenu des vacuoles qui apparaissent avec un contour très net.

Figure 3. — Cellule d'une variété jaune et rouge, plasmolysée par une solution de saccharose : la contraction du protoplaste est achevée. La vacuole remplie d'anthocyane est nettement délimitée du cytoplasme : le noyau a subi une contraction manifeste.

Figure 4. — Cellule de la même variété plasmolysée de la même manière et se trouvant à la même phase du phénomène que la précédente, mais la cellule étant très allongée a formé dans sa contraction trois masses arrondies, réunies les unes aux autres par une mince trabécule.

Figure 5. — Fragment du protoplaste d'une cellule de variété jaune et rouge ayant formé en se contractant plusieurs boules inégales, réunies les unes aux autres par une mince trabécule. (Solution de saccharose à 15 °/₀).

Figure 6. — Fragment d'une cellule de la même variété, plasmolysée de la même manière et se trouvant dans la même phase. Le protoplaste montre très nettement les filaments qui le relient à la membrane cellulosique ; certains de ces filaments sont très minces, et ne renferment que quelques petits globules graisseux ; les autres, moins nombreux, montrent de petits renflements où l'on distingue quelques chondriocontes.

Figure 7. — Fragment d'une membrane cellulosique limitant deux cellules plasmolysées : les protoplastes de ces deux cellules semblent être en communication par des plasmodesmes.

Figure 8. — Fragment de la vacuole remplie d'anthocyane de la cellule d'une variété jaune et rouge, au début de la plasmolyse provoquée par une solution de Na Cl à 3 °/₀. La vacuole très visible par son contenu anthocyanique, en se contractant, forme sur son pourtour une série de bourgeons qui séparent de petites vacuoles.

Figure 9. — Partie médiane d'une cellule de la variété jaune et rouge au début d'une plasmolyse provoquée par le même procédé : l'unique vacuole, en se contractant, s'étrangle vers le milieu, au voisinage du noyau et va se séparer en deux vacuoles.

Figure 10. — La même portion de cellule à un stade plus avancé : La séparation des deux vacuoles est effectuée et la partie étranglée, qui unissait ces deux vacuoles auprès du noyau, s'est décomposée en plusieurs petites vacuoles.

## PLANCHES 15 et 15 bis

*Plasmolyse des cellules épidermiques des pétales de* Tulipa suaveolens *(suite). (Grossissement :* 1500).

Figure 1. — Cellule d'une variété jaune, plasmolysée par une solution de NaCl à 3 °/₀ additionnée d'éosine. La cellule est au stade de la plasmolyse qui correspond à sa mort. Le protoplaste contracté semble encore limité par une paroi périplasmique, mais celle-ci est devenue perméable à l'éosine qui s'est fixée sur le noyau. Le cytoplasme paraît se gonfler et son chondriome présente déjà des signes d'altérations : les chondriocontes sont en voie de transformation en vésicules et les mitochondries granuleuses elles-mêmes se gonflent.

Figure 2. — Cellule de la même variété, plasmolysée par une solution de NaCl à 3 °/₀ et se trouvant dans une phase un peu plus avancée du phenomène. Le protoplaste, qui s'etait contracté en deux masses réunies par une trabécule, se trouve maintenant divisé en deux masses complètement séparées par suite de la rupture de cette trabécule. Le cytoplasme semble se rehydrater et le chondriome est altéré : les chondriocontes sont transformés en grosses vésicules et les mitochondries granuleuses en petites vésicules. Le noyau est lui-même fortement gonflé. Les vacuoles remplies d'anthocyane par contre sont restées intactes et parfaitement délimitées.

Figures 3 et 4. — Cellules d'une variété jaune, plasmolysées par une solution de Na Cl à 3 °/₀ additionnée d'éosine et se trouvant au même stade que la précédente.

L'éosine s'est fixée sur le cytoplasme et le noyau, ce qui démontre que la cellule est morte et que la paroi périplasmique subsistante est devenue perméable. Un gros globule oléagineux se trouve accolé au noyau.

Figures 5 et 6. — Cellules d'une variété jaune et rouge, plasmolysées par une solution de Na Cl à 3 °/₀. Les cellules sont à une phase de désorganisation plus avancée. Le cytoplasme est désorganisé et distendu par suite de la destruction de la paroi périplasmique. Les vésicules mitochondriales sont disséminées dans la cavité cellulaire. Par contre, les vacuoles remplies d'anthocyane subsistent avec un contour parfaitement délimité. Elles sont donc en quelque sorte isolées, dans la cavité cellulaire, du cytoplasme désorganisé.

Figure 7. — Cellule d'une variété jaune, plasmolysée par le même procédé. La vacuole s'est résorbée et les vésicules provenant de la transformation des chondriocontes montrent une tendance à s'accoler et à confluer en masses à contours irréguliers.

Figure 8. — Cellule d'une variété jaune, plasmolysée par une solution de Na Cl à 3 °/₀, additionnée d'éosine. Le cytoplasme est transformé dans la cavité cellulaire en une sorte de précipité granulo-alvéolaire emprisonnant quelques petites vacuoles résultant de la désorganisation de la vacuole primitive. Les vésicules provenant de l'altération des chondriocontes sont en partie déchirées et réduites à leurs parois. Le noyau a éclaté.

Figure 9. — Noyaux de cellules plasmolysées par une solution de saccharose à 22 °/₀ additionnée d'éosine. Les noyaux colorés par l'éosine ont subi une forte contraction vers la fin de la plasmolyse.

## Planches 16 et 16 bis

*Dégénérescence du chondriome dans les cellules épidermiques de* Tulipa suaveolens, *pendant la fanaison de la fleur. (Grossissement : 1500).*

Figure 1. — Cellule d'une variété jaune en voie de fanaison, observée en solution isotonique additionnée d'un peu d'éosine. La cellule est déjà morte et le noyau s'est coloré par l'éosine. Les chondriocontes sont transformés pour la plupart en vésicules.

Figure 2. — *Id.*, à un stade plus avancé de la dégénérescence. Les chondriocontes se sont transformés en vésicules dont les parois se sont ensuite pour la plupart réduites en fines granulations.

Figure 3. — Cellule d'une variété jaune arrivée au terme de sa dégénérescence : on ne trouve plus dans la cavité cellulaire que des masses de formes irrégulières, d'aspect oléagineux, colorées en jaune, réduisant l'acide osmique, qui paraissent dues à la confluence des globules graisseux contenus dans les chondriocontes et mises en liberté par désorganisation des chondriocontes et de la dissolution de la xanthophylle dans ces masses graisseuses.

Figure 4. — Diverses figures de la dégénérescence des chondriocontes au cours de la fanaison des cellules épidermiques des pétales de la variété jaune.

Figure 5. — Divers stades de la dégénérescence du noyau pendant la fanaison, observée en solution isotonique additionnée d'éosine. Le noyau, coloré par l'éosine, prend un aspect alvéolaire *(a et b)*, puis granuleux *(c)*, puis sa chromatine se rassemble autour de la membrane *(d, e)*, puis se résorbe et le noyau se réduit à une sorte de vésicule *(g)*, dont la forme devient irrégulière *(f)*.

Figures 6 et 7. — Cellules d'une variété blanche, en voie de dégénérescence, observée dans une solution isotonique, additionnée d'éosine. La cellule est morte et le noyau a fixé l'éosine. Les chondriocontes sont en voie de transformation en vésicules.

Figure 8. — Cellule de la même variété, arrivée au terme de la dégénérescence. Le cytoplasme et le noyau sont résorbés et la cavité cellulaire ne renferme plus que de petites masses granuleuses qui paraissent provenir de la désorganisation du chondriome.

Figure 9. — Fragment d'une cellule de la même variété, colorée vitalement par le violet de Dahlia. La cellule paraît encore vivante, car le noyau et le cytoplasme ne se sont pas colorés. Tous les éléments du chondriome ont fixé le violet de Dahlia, mais sont pour la plupart fortement altérés. Les chondriocontes sont presque tous transformés en vésicules et les mitochondries granuleuses en plus petites vésicules. On observe en outre dans les vacuoles de petites granulations de composés phénoliques plus vivement colorées que les mitochondries *(cp)*.

Figure 10. — Portion de cytoplasme d'une cellule semblable, colorée vitalement de la même manière. Les chondriocontes sont transformés en vésicules, sauf l'un d'eux qui a conservé sa forme normale. Les mitochondries sont colorées sans altération, on observe en outre quelques globules graisseux incolores *(gg)*.

Figure 13. — Stades successifs de l'altération des chondriocontes de l'épiderme d'une variété jaune et rouge sous l'influence de l'alcool. Les chondriocontes s'anastomosent et forment des vésicules *(a)*, puis le réseau formé par ces anastomoses se contracte peu à peu *(b* et *c)*. Les altérations sont extrêmement rapides et s'effectuent avant que le pigment jaune ait eu le temps de se dissoudre dans l'alcool.

Figure 11. — Noyau et portion du cytoplasme d'une cellule de la même variété placée sous le microscope dans une goutte de liquide de Pérenyi : l'anthocyane s'est fixée sur le noyau et les chondriocontes chargés de pigment sont profondément altérés ; ils se sont anastomosés et transformés en grosses vésicules de formes irrégulières.

Figure 12. — Portion d'une cellule semblable observée dans une goutte de liquide de Lenhossék. On observe des altérations semblables.

## PLANCHES 17 et 17 bis

### *Cellules épidermiques de* Tulipa suaveolens *(variété blanche) sur coupes fixées et colorées. (Grossissement :* 1500).

Figures 1 à 3. — Cellules d'une fleur très jeune. *go*, gros globules graisseux noircis par l'acide osmique. (Fixation par la méthode de Benda et coloration par l'hématoxyline).

Figures 4 et 5. — Cellules d'une fleur très jeune à un stade un peu plus avancé. Les chondriocontes deviennent plus nombreux et plus allongés. (Même méthode).

Figure 6. — *Id.*, à un stade un peu plus avancé ; les chondriocontes élaborent de petits grains d'amidon ; ceux-ci apparaissent sur le trajet des chondriocontes comme de petits corps incolores et donnent l'impression que les chondriocontes ont formé de petites vacuoles à leur intérieur (vésicules). (Méthode de Regaud).

Figures 7 et 8. — Cellules de la même fleur, après la résorption de l'amidon. On aperçoit dans les vacuoles (figure 8) des globules de dimensions variables, noircis par l'acide osmique *(cp)*, qu'il ne faut pas confondre avec les gros globules oléagineux *(go)* du cytoplasme, également noircis par l'acide osmique : ce sont des composés phénoliques. (Fixation par la méthode de Benda et coloration par l'hématoxyline).

Figures 9, 10 et 12. — Cellules d'une fleur ouverte. Le chondriome montre le même aspect que dans les cellules vivantes : chondriocontes très allongés et mitochondries granuleuses ou en courts bâtonnets. On aperçoit en outre dans le cytoplasme un certain nombre de petits globules graisseux noircis par l'acide osmique. Le noyau n'est représenté que dans la figure 9 ; ailleurs il a été enlevé par la coupe. (Fixation par la méthode de Benda et coloration par la méthode de Kull).

Figure 11. — Fragments de cytoplasme d'une cellule semblables aux précédents. (Même méthode).

Figure 13. — Cellule semblable, fixée par la méthode de Benda, mais colorée par l'hématoxyline ferrique : les chondriocontes se distinguent des mitochondries granuleuses par une moindre chromaticité.

Figure 14. — Fragment du cytoplasme d'une cellule de l'onglet, où s'élabore un peu de xanthophylle. Les chondriocontes qui élaborent ce pigment se distinguent des chondriocontes des cellules incolores parce qu'ils sont un peu plus épais et renferment de petits globules graisseux noircis par l'acide osmique. (Fixation par la méthode de Benda et coloration par la méthode de Kull).

Figures 15 et 17. — Fragments de cytoplasme de cellules ayant séjourné quelques temps dans l'eau avant d'être fixés. Les chondriocontes, sous l'influence de l'eau, sont en voie de transformation en vésicules. (Méthode de Benda-Kull).

Figure 16. — Cellule ayant subi l'action de l'eau et montrant les mêmes altérations (Fixation par la méthode de Benda et coloration par l'hématoxyline ferrique).

Figure 18. — Fragment de cytoplasme de cellules fixées par la méthode de Benda et colorées par l'hématoxyline ferrique après un séjour plus prolongé dans l'eau. Les chondriocontes sont transformés en grosses vésicules à parois minces et peu chromophiles *(v, c)* ; les mitochondries granuleuses *(v, m)* sont transformés en vésicules, plus petites et à paroi plus chromophile. *Gg*, petits globules graisseux noircis par l'acide osmique. Dans la figure *c*, l'altération est plus avancée que dans les figures *a* et *b*.

## PLANCHES 18 et 18 bis

*Cellules épidermiques des pétales de* Tulipa suaveolens *(variété jaune) sur coupes fixées et colorées. (Grossissement :* 1500).

Figure 1. — Cellules d'une fleur ouverte. Le chondriome offre le même aspect que dans la variété blanche avec cette seule différence que les chondriocontes, ici chargés de xanthophylle, sont nettement plus épais. Le noyau n'est représenté que dans la cellule inférieure. (Fixation par la méthode de Regaud et coloration par la méthode de Kull).

Figure 2. — Cellule semblable, fixée et colorée par la méthode de Regaud, puis par l'éosine. Les chondriocontes se montrent nettement moins chromophiles que les mitochondries granuleuses.

Figure 3. — Fragment du cytoplasme d'une cellule semblable. (Même méthode).

Figure 4. — Fragment du cytoplasme d'une cellule semblable, fixée par la méthode de Benda et colorée par la méthode de Kull. Les chondriocontes montrent dans leur intérieur de petits globules graisseux, noircis par l'acide osmique.

Figure 5. — Cellule semblable fixée par la méthode de Benda et colorée par l'hématoxyline ferrique et l'éosine. Même particularité.

Figure 6. — Fragment de cytoplasme d'une cellule semblable, offrant les mêmes particularités. (Même méthode).

Figure 7. — Portion de cytoplasme d'une cellule d'une fleur déjà âgée d'une variété où les chondriocontes, renfermant dans leur intérieur d'assez gros globules graisseux, ont une tendance à se renfler sur certains points de leur trajet et à devenir moniliformes. Fixation par la méthode de Benda et coloration par l'hématoxyline ferrique et l'éosine.

Figure 8. — Fragment du cytoplasme d'une cellule âgée d'une variété où les chondriocontes se transforment en petits plastes arrondis, remplis de petits globules graisseux. Le noyau est représenté, ainsi qu'un gros globule oléagineux avoisinant le noyau. (Méthode de Benda-Kull).

Figures 9 à 12. — Stades successifs de la transformation des chondriocontes en plastes remplis de globules graisseux dans certaines variétés. (Méthode de Benda-Kull).

Figures 13 à 18. — Cellules d'une fleur de variété blanche, pendant sa fanaison, montrant tous les stades de la dégénérescence cellulaire. Les chondriocontes se transforment en petites boules ou en vésicules et les mitochondries granuleuses se gonflent. Quelques globules graisseux s'aperçoivent dans le cytoplasme désorganisé et à peine visible. (Méthode de Benda-Kull).

Figures 19 à 21. — Portions de cellules épidermiques d'une feuille de Tulipe (Méthode de Benda-Kull). On y aperçoit des mitochondries granuleuses et de longs chondriocontes renfermant sur leur trajet de petits renflements, parfois vésiculeux, remplis de petits globules graisseux. Le cytoplasme renferme aussi d'assez nombreux petits globules graisseux.

Figure 22. — Chondriome d'une cellule du mésophylle d'une feuille de Tulipe. On y distingue de gros chloroplastes contenant en général plusieurs petits globules graisseux et montrant parfois à leurs extrémités un appendice effilé. Beaucoup offrent aussi sur l'un de leurs pôles de petites vésicules. Le chondriome proprement dit est constitué par des mitochondries granuleuses ou de courts chondriocontes. (Méthode de Benda-Kull).

## PLANCHE 19

*Action des fixateurs sur le chondriome des cellules épidermiques des pétales de* Tulipa suaveolens, *variété jaune.* (*Grossissement :* 1500).

Figure 1. — Cellule de fleur ouverte, fixée par le liquide picroformolé de Bouin et coloré par l'hématoxyline ferrique. Le chondriome se trouve réduit à une sorte de réticulum plus chromophile que le reste du cytoplasme.

Figure 2. — *Id.*, fixée par le liquide de Pérenyi et colorée par l'hématoxyline ferrique. Altération assez semblable à la précédente.

Figure 3. — *Id.*, fixée par l'alcool et colorée par l'hématoxyline ferrique.

Figure 4. — *Id.*, fixée par le liquide de Lenhossék et colorée par l'hématoxyline ferrique.

Figure 5. — *Id.*, fixée par une solution aqueuse concentrée de sublimé et colorée par l'hématoxyline ferrique. Ici le chondriome s'est conservé avec certaines altérations ; les chondriocontes sont plus courts, probablement fragmentés, et plus ou moins déformés.

Figure 6. — *Id.*, fixée par une solution aqueuse concentrée d'acide picrique et colorée par l'hématoxyline ferrique. Le chondriome est également conservé avec certaines altérations.

## PLANCHE 20

*Cellules épidermiques des pétales d'*Iris germanica, *observées sur le vivant en solution isotonique. (Grossissement : 1230).*

Figures 1 à 2. — Cellules d'un pétale d'une fleur extrêmement jeune. On aperçoit dans certaines cellules un petit corpuscule de composés phénolique (c).

Figures 3 à 5. — Cellules à un stade un peu plus avancé. Les chondriocontes à ce stade sont déjà remplis de petits globules graisseux qui n'ont pas été figurés ici pour la simplicité du dessin.

Figures 6 à 12. — Cellules à un stade ultérieur ; les chondriocontes élaborent sur leur trajet, au milieu ou à l'une ou aux deux extrémités, de petits grains d'amidon qui apparaissent comme des corpuscules brillants. Les globules graisseux des chondriocontes ne sont pas représentés. Dans certaines cellules, on aperçoit un corpuscule de composés phénoliques (cyanoplaste de Politis) *(c)*.

## PLANCHES 21 et 21 bis

*Cellules épidermiques des sépales et des pétales d'*Iris germanica, *observées sur le vivant en solution isotonique. (Grossissement : 1500).*

Figures 1 à 4. — Cellules épidermiques de pétales très jeunes dans une région riche en anthocyane. La mise au point ayant été faite sur la couche cytoplasmique située perpendiculairement à l'axe de l'objectif, le contenu anthocyanique des vacuoles est vu par transparence à travers cette couche et donne l'illusion que la cellule est tout entière violet pâle. Les globules graisseux contenus dans les chondriocontes n'ont pas été représentés.

Figure 5. — Cellule épidermique d'une région pauvre en anthocyane, à un stade plus avancé ; les chondriocontes, remplis de globules graisseux non figurés, élaborent des grains d'amidon. Un gros corpuscule anthocyanique (cyanoplaste de Politis) se trouve dans la vacuole.

Figure 6. — Une cellule semblable observée dans une goutte de réactif iodo-ioduré ; le cytoplasme et le noyau ont pris une teinte jaune, le chondriome est parfaitement conservé et les chondriocontes montrent sur leur trajet de petits grains d'amidon colorés en brun acajou.

Figure 7. — Cellule dépourvue de xanthophylle d'un sépale à un stade plus avancé, peu de temps avant l'ouverture de la fleur. On y voit des chondriocontes qui ont élaboré de l'amidon. Ces éléments se sont fortement épaissis. Ils ne renferment presque plus de graisse. Les grains d'amidon sont en voie de résorption et, en se résorbant, laissent à leur place dans le chondrioconte un petit renflement vésiculeux. Dans certains chondriocontes, l'amidon s'est entièrement résorbé ; dans d'autres, on aperçoit encore quelques gros grains d'amidon simples ou composés. Dans la figure de gauche, la mise au point permet d'apercevoir quelques trabécules du cytoplasme.

Figure 8. — Cellule d'un sépale à un stade un peu plus avancé ; la résorption de l'amidon est plus avancée. On distingue dans la vacuole, à côté de l'anthocyane dissoute dans le suc vacuolaire, trois corpuscules anthocyaniques.

Figure 9. — Cellule épidermique d'un sépale d'une fleur ouverte, dans une région dépourvue d'anthocyane et de xanthophylle. Les chondriocontes, après résorption de l'amidon, se sont transformés en gros leucoplastes inactifs, de formes très variées : filaments ou bâtonnets, plus épais que les chondriocontes ordinaires, filaments pourvus de renflements vésiculeux qui leur donnent l'aspect de têtards, d'haltères ou de fuseaux, corpuscules ovoïdes et vésiculeux.

Figures 10, 11 et 13. — Cellules de l'onglet d'un pétale. Les chondriocontes sont en voie d'élaborer de petits grains d'amidon et sont en outre remplis de xanthophylle. Ils renferment de nombreux globules graisseux qui n'ont pas été figurés.

Figure 14. — *Id.*, à un stade plus avancé, précédant immédiatement l'ouverture de la fleur. Les chondriocontes très épaissis sont en voie de transformation en chromoplastes ne renfermant presque plus d'amidon.

Figure 12. — *Id.* peu de temps avant l'ouverture de la fleur : l'amidon est complètement résorbé et les chondriocontes très épaissis sont en voie de transformation en chromoplastes définitifs.

## PLANCHES 22 et 22 bis

*Cellules épidermiques de la fleur d'*Iris germanica, *observées sur le vivant en solution isotonique. (Grossissement :* 1500).

Figures 1 et 2. — Cellules épidermiques de la région de l'onglet d'un pétale d'une fleur ouverte. La vacuole remplie d'anthocyane donne à la cellule une teinte uniformément violet pâle et renferme des corpuscules anthocyaniques de dimensions variables, d'une couleur plus accentuée. On observe les chromoplastes définitivement formés avec leurs aspects variables : filaments, bâtonnets, têtards, fuseaux, haltères, corpuscules arrondis ou ovoïdes, vésiculeux. Dans le liquide des vésicules, on aperçoit très souvent un petit globule graisseux.

Figures 3 et 4. — Cellules épidermiques d'un stigmate très jeune. Les chondriocontes sont remplis de petits globules graisseux. Dans la fig. 3, on aperçoit un gros corpuscule de composés phénoliques.

Figure 5. — *Id.*, à un stade plus avancé : les chondriocontes commencent à élaborer de petits grains d'amidon.

Figure 6. — *Id.*, à un stade plus avancé : les chondriocontes, de plus en plus chargés de globules graisseux, deviennent plus épais et se raccourcissent à mesure que les grains d'amidon qu'ils élaborent grossissent.

Figures 7 et 8. — *Id.*, à un stade plus avancé et dans une région riche en anthocyane. Les grains d'amidon diminuent de volume et semblent en voie de résorption. Les globules graisseux se sont résorbés et les chondriocontes se sont allongés et amincis.

Figure 9. — *Id.*, un peu avant l'ouverture de la fleur : les grains d'amidon se sont presque entièrement résorbés ; c'est à peine si quelques-uns des chondriocontes renferment encore de petits grains d'amidon. Les chondriocontes ont formé sur leur trajet de petites vésicules et parfois aussi de petits renflements remplis de globules graisseux.

Figure 10. — *Id.*, à un stade plus avancé, précédant immédiatement l'ouverture de la fleur. L'amidon a entièrement disparu et les chondriocontes s'allongent.

Figure 11 et 15. — *Id.* dans une fleur ouverte. Les chondriocontes se sont allongés, parfois ramifiés : ils renferment des renflements vésiculeux. Les globules graisseux des chondriocontes n'ont été figurés que dans la figure 15.

Figure 14. — Cellules d'un poil de sépale très jeune.

Figure 16. — Cellules de la portion supérieure d'un poil très jeune, mais déjà jaune. On aperçoit de petites vacuoles avec un ou deux corpuscules de composés phénoliques. La cellule du milieu est en voie de mitose (anaphase), on y distingue bien les chromosomes.

Figure 13. — Cellules de la portion supérieure d'un poil de sépale dans une fleur sur le point de s'ouvrir. Les chondriocontes sont en voie de transformation en chromoplastes.

Figure 12. — *Id.*, dans une fleur ouverte. On y voit les chromoplastes arrondis ou ovoïdes remplis de petits globules graisseux.

## Planche 23

*Cellules épidermiques de l'anthère d'*Iris germanica, *observées sur le vivant en solution isotonique.* (*Grossissement :* 1155).

Figure 1. — Cellule d'une anthère très jeune : les chondriocontes sont remplis de petits globules graisseux.

Figures 2 et 4. — *Id.*, à un stade plus avancé : les chondriocontes élaborent des grains d'amidon.

Figure 3. — *Id.*, à un stade plus avancé : les grains d'amidon commencent à se résorber, laissant à leur place un petit renflement vésiculeux.

Figure 5. — *Id.*, dans une fleur ouverte : l'amidon est presque entièrement résorbé et les chondriocontes, en voie de dégénérescence, perdent la netteté de leurs contours et ne se distinguent plus guère que par les globules graisseux contenus à leur intérieur.

Figure 6. — Stade plus avancé de la dégénérescence : les chondriocontes se sont transformés en vésicules qui se sont désorganisées et ont laissé à leur place de petits amas de globules graisseux. On distingue dans la cellule un petit corpuscule de composés phénoliques.

Figure 7. — Chondriocontes des cellules du mésophylle de l'anthère, en voie d'élaborer de l'amidon. Ces éléments sont plus gros que dans l'épiderme.

## Planche 24

*Cellules épidermiques des bractées d'*Iris germanica, *observées sur le vivant en solution isotonique.* (*Grossissement :* 840).

Figures 1 à 3. — Cellules d'une très jeune bractée : les chondriocontes, remplis d'inclusions graisseuses, élaborent de l'amidon.

Figures 4 à 10. — Cellules d'une bractée un peu plus développée, après la résorption de l'amidon. Dans les figures 4, 6 et 10, la mise au point laisse apercevoir les trabécules cytoplasmiques.

## Planche 25

*Cellules épidermiques de la feuille d'*Iris germanica, *observées sur le vivant en solution isotonique.* (*Grossissement :* 825).

Figures 1 et 3. — Cellules d'une très jeune feuille : on aperçoit les chondriocontes encore très courts, remplis de globules graisseux.

Figures 4 et 5. — Cellules à un stade un peu plus avancé : les chondriocontes se sont allongés et élaborent de l'amidon.

Figures 6 à 8. — *Id.*, à un stade plus avancé : les globules graisseux contenus dans les chondriocontes ont beaucoup diminué de nombre.

Figures 9 et 10. — *Id.*, à un stade plus avancé, après la résorption de l'amidon.

Figure 11. — *Id.*, dans une feuille entièrement développée. Les chondriocontes ont formé sur leur milieu un petit renflement qui s'est rempli de petits globules graisseux.

## PLANCHE 26

*Altérations des cellules épidermiques de la feuille d'*Iris germanica, *sous l'influence des milieux hypotoniques. (Grossissement : 870).*

Figures 1 et 2. — Début de l'altération d'une cellule examinée dans l'eau : les trabécules cytoplasmiques ont une tendance à former des bourgeons vésiculeux (boules sarcodiques) *(B S)*. Les chondriocontes sont transformés en vésicules arrondies. Dans la figure 1, ces vésicules présentent sur leur paroi de petites inclusions graisseuses. Dans la figure 2, ils renferment également de petites inclusions graisseuses sur leur paroi et ont en outre de petits grains d'amidon *(A)* souvent localisés dans le liquide de la vésicule. Les vésicules étant situées dans le cytoplasme au-dessus de la vacuole donnent parfois l'illusion qu'elles sont placées dans la vacuole.

Figures 3 et 4. — Phase plus avancée de l'altération. La cellule est déjà morte. Les vésicules mitochondriales *(V M)* devenues énormes ont une paroi très mince qui se décompose en petites granulations réfringentes. Par leur ensemble, elles donnent au cytoplasme une apparence alvéolaire. La vacuole est détruite et le cytoplasme est transformé en une masse d'apparence granulo-alvéolaire.

Figures 5 et 6. — Portions du cytoplasme de cellules épidermiques des stigmates d'*Iris japonica*. Dans la figure 5, examinée en solution isotonique, on observe des leucoplastes en forme de massues *(P)*, remplis de petits globules graisseux, des mitochondries granuleuses *(M)* et des chondriocontes peu allongés. Enfin, on distingue dans le cytoplasme de petits globules graisseux *(G H)*. Dans la figure 6, qui est examinée dans de l'eau pure, on observe les diverses phases de l'altération du chondriome. Lés leucoplastes prennent d'abord une forme arrondie et se gonflent *(b)*, les mitochondries granuleuses se gonflent également et les chondriocontes se sont transformés en mitochondries granuleuses. En *a*, l'altération est plus accentuée : les mitochondries granuleuses ont pris la forme de petites vésicules *(V M)* et les leucoplastes sont transformés en vésicules beaucoup plus grosses *(V P)*.

## PLANCHES 27 et 27 bis

*Altérations des cellules épidermiques des bractées d'*Iris germanica *sous l'influence des milieux hypotoniques. (Grossissement : 1500).*

Figure 1. — Cellule placée dans de l'eau additionnée d'une trace de rouge neutre. Début de l'altération. Le rouge neutre s'est fixé sur le contenu de l'énorme vacuole qui occupe presque tout le volume de la cellule, ce qui donne l'illusion que le cytoplasme est coloré. Les chondriocontes sont en voie de transformation en vésicules ; on aperçoit à leur intérieur de petits globules graisseux. Les mitochondries granuleuses elles-mêmes sont gonflées et transformées en petites vésicules. La cellule est encore vivante.

Figures 2 et 4. — Stades plus avancés de l'altération obtenue dans les mêmes conditions. Le cytoplasme renferme de grosses vésicules provenant de l'altération des chondriocontes et de petites vésicules résultant de l'altération des mitochondries granuleuses. La vacuole se contracte. La cellule est morte à ce stade.

Figure 3. — Cellules examinées dans de l'eau additionnée d'une trace d'eosine et dessinées dans les phases ultimes de l'altération. Le noyau est très contracté, surtout celui de la cellule de droite, la vacuole s'est résorbée et le cytoplasme est réduit a des précipités granuleux au milieu de la cavité cellulaire, dans lesquels on aperçoit quelques rares vésicules mitochondriales. De nombreux granules réfringents semblent résulter de la désintégration de ces vésicules. L'éosine s'est fixée sur le noyau et le cytoplasme.

Figure 6. — Phases successives de l'altération du noyau dans des cellules placées dans des conditions analogues. En *a*, le noyau est déjà coloré par l'éosine. Il est très gonflé et présente un réseau chromatique très lâche. En *b*, le noyau a continué à se gonfler : son réseau chromatique est condensé sur l'un des pôles. En *c*, le noyau se contracte et laisse exsuder son eau sous forme de petites vacuoles situées à sa périphérie. En *d*, le noyau est fortement contracté.

Figures 5, 7 et 8. — Fragments de cellules épidermiques de bractées, colorées vitalement par le violet de Dahlia. Dans la figure 8, la coloration est vitale ; les chondriocontes seuls ont été colorés, mais ils présentent des altérations (vésicules). La coloration a fait apparaître dans la substance mitochondriale de petits grains plus colorés qui n'étaient pas visibles sur les chondriocontes non colorés. Dans la figure 7, la coloration est postvitale : le cytoplasme et le noyau sont colorés. Les chondriocontes sont tous transformés en petites vésicules. Dans la figure 5, il en est de même, mais le chondriome est beaucoup plus altéré. Il est représenté par de grosses vésicules *(v c)*, provenant de l'altération des chondriocontes, qui présentent à leur intérieur de petits globules graisseux incolores et sur la paroi de petits grains plus fortement colorés que le reste de la substance mitochondriale. Des vésicules plus petites *(v)* représentent les mitochondries granuleuses. On observe en outre dans le cytoplasme de petits globules graisseux incolores et dans les vacuoles des corpuscules de composés phénoliques *(c p)* qui se sont fortement colorés.

## PLANCHES 28 et 28 bis

### *Plasmolyse des cellules épidermiques de la feuille d'*Iris germanica. *(Grossissement :* 1500).

Figures 1 et 2. — Début de la plasmolyse dans une solution de saccharose à 15 °/₀ additionnée d'un peu d'éosine. Le protoplaste commence à se détacher par places de la membrane cellulosique. Dans la figure 2, on aperçoit les trabécules cytoplasmiques en voie de se transformer en boules sarcodiques *(b s)* semblables à des figures myéliniques. Les cellules sont vivantes et l'éosine ne s'est fixée que dans le liquide qui sépare la membrane cellulosique du protoplaste dans les régions où ce dernier s'en est détaché.

Figures 3 et 4. — Phase un peu plus avancée de la plasmolyse provoquée dans les mêmes conditions. Le protoplaste se contracte de plus en plus et les boules sarcodiques deviennent beaucoup plus nombreuses.

Figures 5 et 6. — Protoplastes contractés par une plasmolyse provoquée par une solution de saccharose à 15 °/₀ additionnée d'une trace de rouge neutre. Le rouge neutre s'est fixé sur le contenu phénolique en dissolution dans la vacuole qu'il fait nettement apparaître. Il a déterminé également la précipitation d'une partie de ce contenu sous forme de gros corpuscules *(c p)*. Le cytoplasme se décompose en nombreuses boules sarcodiques. Dans la figure 5, on a représenté le trabécule qui unit la partie renflée du protoplaste à une autre partie renflée non représentée ici. Ce trabécule présente de petits renflements, dont l'un plus gros est pourvu d'une petite vacuole.

## PLANCHE 29

*Plasmolyse des cellules épidermiques de la feuille d'*Iris germanica. *(Grossissement :* 810).

Figure 1. — Une cellule allongée dans laquelle la contraction du protoplaste est achevée : celui-ci a formé, en se contractant, une série de renflements de dimensions inégales, unies les uns aux autres par une mince trabécule. Ces renflements sont en outre rattachés à la membrane cellulosique par de minces filaments. La plasmolyse a été provoquée par une solution de Na Cl à 3 °/₀.

Figures 2 à 4. — Cellules jeunes, plasmolysées dans les mêmes conditions : le protoplaste contracté reste relié à la membrane cellulosique par de minces filaments souvent arborescents. Les chondriocontes non altérés renferment sur leur trajet de petits grains d'amidon.

Figure 5. — Portion de protoplaste plasmolysée par le même procédé et montrant de nombreuses boules sarcodiques formées aux dépens du cytoplasme pariétal.

Figure 6. — Diverses formes de boules sarcodiques, observées dans les mêmes conditions, et ressemblant beaucoup à des figures myéliniques.

Figures 7 et 8. — Une cloison cellulosique séparant deux cellules plasmolysées par une solution de saccharose à 15 °/₀ et montrant des filaments paraissant représenter des communications protoplasmiques. Le protoplasme a été coloré après sa mort par le violet de gentiane. Dans la figure 8, on aperçoit dans les vacuoles des corpuscules de composés phénoliques, fortement colorés.

## PLANCHES 30 et 30 bis

*Plasmolyse des cellules épidermiques de la feuille d'*Iris germanica. *(Grossissement :* 1500).

Figure 1. — Cellule plasmolysée par une solution de saccharose à 15 °/₀, additionnée d'un peu de rouge neutre. Le protoplaste a achevé sa contraction : il a formé, en se contractant, une grosse masse arrondie qui reste rattachée à la membrane cellulosique par des filets cytoplasmiques dont quelques-uns renferment des renflements, parfois pourvus de vacuoles et de mitochondries. Le rouge neutre s'est fixé sur les composés phénoliques dissous dans les vacuoles et a déterminé la production de gros globules de composés phénoliques, colorés en rouge foncé. La portion du cytoplasme pariétal située sur la face supérieure de la cellule montre que le chondriome n'a subi aucune altération : Les mitochondries situées dans cette portion du cytoplasme très transparente qui recouvre la vacuole donnent l'illusion qu'elles sont localisées dans cette vacuole. Les trabécules cytoplasmiques qui unissent le noyau au cytoplasme pariétal et certaines parties du cytoplasme pariétal forment des boules sarcodiques.

Figure 2. — Protoplaste contracté par une plasmolyse provoquée par le même procédé, et montrant d'énormes boules sarcodiques. La cavité cellulaire qu'occupe ce protoplaste n'a pas été dessinée, de même que dans les figures suivantes.

Figures 3 et 4. — Protoplastes contractés par une plasmolyse, provoquée par le même procédé, à une phase plus avancée du phénomène, correspondant avec le maximum de déshydratation de la cellule. Le cytoplasme, décomposé en boules sarcodiques, a pris une structure alvéolaire paraissant due à sa déshydratation et à la contraction de ces boules sarcodiques.

Figure 6. — *Id.*, à une phase plus avancée de la plasmolyse correspondant à la mort de la cellule : le protoplaste est encore nettement délimité comme s'il était pourvu d'une paroi, mais il est devenu pérméable et paraît se réshydrater. Son chondriome est en voie d'altération, les chondriocontes vus en partie dans la couche cytoplasmique située au-dessus de la vacuole commencent à se transformer en vésicules et les mitochondries granuleuses sont déjà un peu gonflées.

Figures 5 et 7. — Protoplastes contractés par une solution de saccharose à 15° additionnée d'éosine. La cellule vient de mourir. Le cytoplasme et le noyau ont fixé l'éosine ; cependant, bien que perméable, le cytoplasme reste bien limité extérieurement comme par une cloison. Le chondriome vu dans le cytoplasme pariétal situé au-dessus de la vacuole ou aux deux pôles de la cellule ne donne pas encore de signes d'altération. La vacuole, parfaitement conservée, n'a pas fixé l'éosine : elle renferme en son intérieur de petites vésicules qui possédent à leur intérieur de petits globules graisseux et parfois même quelques mitochondries. Ces vésicules représentent des boules sarcodiques formées par le bourgeonnement du cytoplasme et qui se sont détachées du cytoplasme et ont émigré dans la vacuole. Ces vésicules ne doivent pas être confondues avec les vésicules provenant de l'altération des mitochondries. Cette confusion est d'autant plus facile à faire que les vésicules mitochondriales de la couche pariétale située au-dessus de la vacuole donnent parfois l'illusion d'être intravacuolaires comme ces boules sarcodiques.

## PLANCHES 31 et 31 bis

*Plasmolyse des cellules épidermiques de la feuille d'*Iris germanica. (*Grossissement :* 1500).

Figures 1 et 2. — Cellules plasmolysées par une solution de saccharose à 15 °/₀, additionnée d'éosine et se trouvant au stade correspondant à la mort de la cellule. L'éosine s'est fixée sur le cytoplasme et le noyau. La paroi périplasmique bien que devenue perméable n'est pas encore désorganisée. Le chondriome vu en partie dans la couche qui se trouve au-dessus de la vacuole (ce qui donne l'illusion qu'il est inclus dans la vacuole, ne présente encore aucune altération. Le cytoplasme a pris un aspect alvéolaire.

Figure 3. — Protoplaste contracté dans les mêmes conditions et se trouvant à un stade un peu plus avancé du phénomène. Les chondriocontes vus au-dessus de la vacuole commencent à se transformer en vésicules et le noyau se gonfle.

Figure 4. — Cellule jeune plasmolysée de la même manière, dans une phase ultérieure. Les chondriocontes sont tous transformés en vésicules renfermant à leur intérieur un grain d'amidon. Les mitochondries granuleuses se gonflent. Le noyau s'est également gonflé.

Figures 5 et 6. — Cellules plasmolysées de la même manière à un stade plus avancé du phénomène. Le cytoplasme s'est distendu par suite de la désorganisation de sa paroi et apparaît dans la cavité cellulaire sous forme d'un précipité granuleux. Les mitochondries granuleuses sont transformées en petites vésicules et les chondriocontes en grosses vésicules. Dans la figure 5, ces vésicules renferment des grains d'amidon, tandis que dans la figure 6, ils présentent de petits globules graisseux. Le noyau a subi un gonflement considérable. La vacuole apparaît intacte. Elle est, pour ainsi dire, isolée dans la cavité cellulaire, par suite de la désorganisation du cytoplasme. Dans la figure 6, en dehors de la grosse vacuole, on distingue plusieurs autres vacuoles plus petites.

## PLANCHES 32 et 32 bis

*Plasmolyse des cellules épidermiques de la feuille d'*Iris germanica. *(Grossissement :* 1500).

Figure 1. — Cellule plasmolysée par une solution de saccharose à 15 °/₀, additionnée de rouge neutre, et se trouvant à la fin du phénomène. Le cytoplasme est désorganisé et les mitochondries transformées en vésicules renfermant de petits globules graisseux. Les vacuoles colorées par le rouge neutre sont encore intactes.

Figure 2. — Cellule plasmolysée par une solution de Na Cl à 3 °/₀, additionnée d'éosine. Le cytoplasme commence à se désorganiser. Le noyau est très gonflé. Les chondriocontes sont transformés en grosses vésicules renfermant de petits globules graisseux et les mitochondries granuleuses en plus petites vésicules. Ces éléments sont vus en partie au-dessus de la vacuole. La vacuole conservée dans son intégrité fait hernie hors du cytoplasme. De gros corpuscules de composés phénoliques s'aperçoivent dans la vacuole.

Figures 3 et 4. — Celllules plasmolysées dans les mêmes conditions, mais à une phase ultérieure. Les vacuoles sont encore inaltérées et apparaiseent isolées dans la cavité cellulaire et limitées comme par une paroi. Le cytoplasme est entièrement désorganisé et le noyau a éclaté.

Figures 5 et 6. — Cellules plasmolysées de la même manière et parvenues dans la phase ultime de leur désorganisation. La vacuole s'est désorganisée.

Figure 7. — Décomposition des filets cytoplasmiques reliant le protoplaste à la membrane cellulaire, à la fin de la plasmolyse.

Figure 8. — Stades successifs de l'altération du noyau, après la mort de la cellule, dans une plasmolyse provoquée par une solution de Na Cl à 3 °/₀, additionnée d'éosine. *a*, noyau très gonflé ; *c*, *d* et *e*, le noyau très gonflé paraît exsuder son eau dans de petites vacuoles faisant hernie sur son pourtour ; *b*, le noyau a éclaté.

## PLANCHES 33 et 33 bis

*Cellules du mésophylle des feuilles et des bractées d'*Iris germanica, *observées sur le vivant, en solution isotonique. (Grossissement :* 1500).

Figure 1. — Cellule d'une très jeune bractée. Les chondriocontes sont remplis de petits globules graisseux.

Figure 2. — *Id.*, à un stade plus avancé : les chondriocontes ont perdu leur graisse, se sont imprégnés de chlorophylle et élaborent de l'amidon.

Figure 3. — *Id.*, à un stade plus avancé : l'amidon s'est résorbé, quelques globules graisseux ont apparu sur les chondriocontes en voie de transformation en chloroplastes.

Figure 4. — Chondriome d'une cellule adulte de bractée : on y distingue des mitochondries granuleuses et de courts chondriocontes, enfin de gros chloroplastes pourvus à l'une de leurs extrémités d'un long appendice effilé, simple ou ramifié, possédant parfois sur son trajet de petites vésicules. Cet appendice qui ressemble à un chondrioconte renferme quelquefois de petits globules graisseux.

Figure 5. — Stades successifs du développement des chloroplastes dans le mésophylle d'une feuille ; *a*, chondriocontes imprégnés de chlorophylle et remplis de globules graisseux, en voie de se transformer en chloroplastes ; *b*, élaboration

de grains d'amidon composés par ces éléments ; *c*, *d*, chloroplastes dérivés des chondriocontes, renfermant un ou deux globules graisseux ; *e*, chloroplastes dans une feuille adulte, munis d'un long appendice effilé.

Figure 6. — Chloroplastes du mésophylle d'un pétale, avec grains d'amidon.

Figure 7. — Dégénérescence des chloroplastes du mésophylle d'un pétale, pendant la fanaison de la fleur : les chloroplastes forment sur tout leur pourtour de nombreux globules graisseux (*a*), puis ils se désorganisent et on ne voit plus à leur place que de gros globules graisseux, résultant de la fusion des petits globules formés par les chloroplastes avant leur désorganisation. La chlorophylle semble s'être dissoute dans ces globules qui apparaissent teints en vert.

Figures 9 et 10. — Cellules du mésophylle du pétale d'une fleur au cours de sa fanaison : on voit les chloroplastes dont le contour est devenu peu distinct et qui ont une tendance à confluer, former de nombreux globules graisseux sur leur pourtour. Dans la figure 9, les chloroplastes se sont fusionnés en grosses masses confuses et les globules graisseux également se sont réunis en plus gros globules.

Figure 8. — Stades successifs de la dégénérescence des chromoplastes dans l'épiderme d'une fleur en voie de fanaison : *a* et *b*, les chromoplastes sont devenus ronds et forment sur tout leur pourtour de nombreux petits globules graisseux. *c*, les chromoplastes ont perdu la netteté de leur contour et de gros globules graisseux résultant de la fusion de petits globules formés précédemment apparaissent à l'endroit qu'ils occupaient. Ces globules sont colorés en jaune, le pigment paraissant s'être dissout dans la graisse ; *d*, les chromoplastes se sont complètement résorbés et laissent à leur place de gros globules graisseux remplis de pigment ; *e*, ces globules graisseux se fusionnent en grosses masses de contours irréguliers.

## PLANCHE 34

### *Dégénérescence des cellules épidermiques de la fleur d'*Iris germanica. *(Grossissement :* 810).

Les cellules ont été dessinées d'après des préparations montées dans une goutte de solution d'acide osmique à 1 °/₀.

Figure 1. — Cellule épidermique du stigmate d'une fleur commençant à se faner. Les chondriocontes, pourvus sur leur trajet de petits renflements vésiculeux se remplissent de globules graisseux brunis par l'acide osmique. *c*, Corpuscule anthocyanique. Ce corpuscule réduit l'acide osmique et brunit comme la graisse, mais afin d'éviter sa confusion avec les globules graisseux, il a été figuré comme un corpuscule non coloré.

Figure 2. — Chondriocontes d'une cellule semblable au début de la dégénérescence.

Figures 3 à 5. — Cellules épidermiques du stigmate, à un stade plus avancé de la dégénérescence. Les chondriocontes sont tous transformés en vésicules, dont les parois sont remplies de petits globules graisseux. Certaines de ces vésicules (fig. 4) perdent la netteté de leur contour ; la substance mitochondriale semble se désorganiser et laisser à la place qu'occupaient les vésicules de petits amas de globules graisseux. Le noyau s'est résorbé. *c*, corpuscule anthocyanique.

Figure 6. — *Id.*, à un stade plus avancé de la dégénérescence. Les vésicules mitochondriales désorganisées ont laissé à leurs places de petits amas de globules graisseux.

Figure 11. — *Id.*, dans une phase ultime de la dégénérescence : il ne subsiste plus dans la cellule que quelques amas de grains résultant de la désintégration des vésicules, remplis de petits globules graisseux.

Figure 12. — *Id.* Les globules graisseux se sont fusionnés en grosses masses arrondies.

Figure 9. — Cellule épidermique d'un sépale en voie de dégénérescence : les leucoplastes se remplissent de petits globules graisseux.

Figure 10. — *Id.*, à un stade un peu plus avancé : les leucoplastes se dilatent et perdent la netteté de leur contour. *c*, Corpuscule anthocyanique.

Figure 8. — *Id.*, à un stade plus avancé : les leucoplastes, réduits en petites masses arrondies, deviennent de plus en plus flous et ne se distinguent guère que par leurs globules graisseux qui, en se fusionnant, sont devenus plus gros.

Figure 13. — Stades successifs de la dégénérescence nucléaire.

## PLANCHE 35

*Cellules épidermiques d'* Iris germanica *sur coupes fixées et colorées. (Grossissement :* 1155).

Figure 1. — Cellule épidermique d'une bractée, ayant à peu près achevé son développement. (Méthode de Regaud).

Figure 3. — Cellule épidermique d'une bractée au même stade, fixée au liquide de Lenhossèk et colorée à l'hématoxyline ferrique. Le chondriome est profondément altéré et les résidus des chondriocontes simulent dans la cellule une sorte de réseau plus chromophile que le reste du cytoplasme.

Figures 2, 6, 7, 8, 9, 10 et 11. — Cellules épidermiques des stigmates d'une fleur, peu de temps avant son ouverture. On y voit des mitochondries granuleuses ou en courts bâtonnets et des chondriocontes très allongés, pourvus sur leur trajet de grosses vésicules. Ces figures ressemblent beaucoup aux chondriocontes en voie d'élaborer de l'amidon et le liquide incolore des vésicules a le même aspect que présente un grain d'amidon inclus dans un chondrioconte dans une préparation par la méthode de Regaud. Dans la figure 10, on aperçoit dans la vacuole une sorte de précipité dû à l'anthocyane. (Méthode de Regaud).

Figures 4 et 5. — Cellules épidermiques d'une jeune feuille. (Méthode de Regaud).

## PLANCHES 36 et 36 bis

*Cellules épidermiques d'* Iris germanica *sur coupes fixées et colorées.*

Figures 1 et 3. — Cellules épidermiques d'un sépale encore très jeune. On y voit le chondriome et quelques petits globules graisseux noircis par l'acide osmique. (Fixation par la méthode de Benda et coloration par la méthode de Kull). (Grossissement : 1500).

Figure 2. — *Id.*, à un stade plus avancé : les chondriocontes sont remplis de petits globules graisseux. (Même méthode et même grossissement).

Figures 4 et 8. — Cellules d'un très jeune poil de sépale. La figure 8 est en voie de mitose (plaque équatoriale). (Même méthode et même grossissement).

Figure 7. — Cellules d'un poil un peu plus âgé : les chondriocontes sont imprégnés de globules graisseux. (Même méthode. Grossissement : 1200).

Figures 9 et 10. — Jeunes cellules épidermiques d'un pétale. (Même méthode et même grossissement).

Figures 11, 12 et 13. — Cellules épidermiques d'un pétale un peu avant l'ouverture de la fleur. Les chondriocontes sont en voie de transformation en chromoplastes ; ils offrent sur leur trajet de petits renflements parfois vésiculeux qui renferment quelques globules graisseux. (Même méthode, même grossissement).

Figure 16. — Cellule épidermique d'un pétale de fleur ouverte : les chromoplastes sont définitivement formés ; ils ne renferment presque plus de graisse. (Même méthode. Grossissement : 1500).

Figure 14. — Méristème vasculaire d'un jeune sépale : noyaux très allongés ; chondriocontes remplis de graisse. (Même méthode. Grossissement : 1500).

Figure 15. — Cellule nourricière jeune des grains de pollen. On y distingue des éléments en forme de filaments assez épais, souvent ramifiés, pourvus sur leur trajet de renflements parfois vésiculeux. Ces éléments qui résultent de chondriocontes ordinaires se remplissent peu à peu de petits globules graisseux. (Même méthode. Grossissement : 1500).

Figure 17. — Stades successifs de l'évolution des chondriocontes dans les cellules-nourricières des grains de pollen : les chondriocontes, d'abord minces, forment sur leur trajet de petits globules graisseux, se ramifient parfois, puis forment de petits renflements parfois vésiculeux qui se remplissent de globules graisseux. (Même méthode, même grossissement).

## PLANCHES 37 et 37 bis

*Cellules épidermiques de la fleur d'*Iris germanica *sur coupes fixées et colorées. (Grossissement : 1500).*

Figures 1 et 2. — Cellules épidermiques de stigmate d'*Iris germanica*, après la résorption de l'amidon. (Méthode de Benda-Kull).

Figure 3. — Cellule épidermique d'une bractée déjà assez développée. (Même méthode).

Figure 4. — Cellule du parenchyme d'un pétale très jeune. Les chloroplastes sont déjà formés : ils sont remplis de petits globules graisseux. (Même méthode).

Figure 5. — *Id.*, à un stade plus avancé : les chloroplastes élaborent d'assez gros grains d'amidon colorés en bleu par le bleu de toluidine. (Même méthode).

Figure 6. — *Id.*, au moment où les grains d'amidon ont achevé leur croissance : les globules graisseux des chloroplastes semblent s'être partiellement résorbés. (Même méthode).

Figure 7. — Jeunes chloroplastes d'une cellule du mésophylle d'une bractée : ces éléments élaborent de l'amidon coloré en bleu. Les globules graisseux très abondants aux stades précédents se sont déjà résorbés.

Figure 8. — Chondriome d'une cellule du même mésophylle dans une bractée, ayant achevé sa croissance. On distingue de très gros chloroplastes, montrant à certains points de leur surface de petites vésicules et pourvus d'un appendice effilé. (Même méthode).

Figure 9. — Deux stades de l'évolution des chloroplastes dans les cellules du mésophylle des pétales d'*Iris* de Florence : *a*, jeunes chloroplastes ; *b*, chloroplastes définitivement formés, ayant élaboré de l'amidon coloré en bleu. On constate que les globules graisseux contenus dans ces chloroplastes persistent pendant la croissance des grains d'amidon. (Même méthode).

Figure 13. — Chondriome d'une cellule épidermique de bractée d'*Iris pallida* : mitochondries granuleuses et chondriocontes munis de renflements remplis de petits globules graisseux. On observe quelques globules graisseux dans le cytoplasme. (Même méthode).

Figures 14, 15, 16, 17 et 21. — Cellules épidermiques d'un stigmate d'*Iris germanica* pendant la fanaison de la fleur. On y assiste à la dégénérescence des cellules. Les chondriocontes deviennent moins chromophiles et se remplissent de globules graisseux noircis par l'acide osmique ; leurs renflements se dilatent et perdent la netteté de leur contour, tandis que leurs parties effilées se réduisent en petits grains. Les mitochondries granuleuses elles aussi perdent un peu de leur chromaticité et se gonflent. (Même méthode).

Figures 20, 18 et 19. — Stades ultimes de la dégénérescence. Dans la figure 20, on n'aperçoit plus dans la cellule que de petites masses formées par de petits grains fuchsinophiles résultant de la désorganisation des chondriocontes avec de gros globules graisseux résultant de la fusion des petits globules, qui étaient renfermés dans les chondriocontes. (Même méthode).

Figure 10. — Noyaux de cellules épidermiques des stigmates, en voie de dégénérescence. (Même méthode).

Figure 11. — Noyau d'une cellule du mésophylle d'un pétale en voie de dégénérescence. Le noyau, à aspect alvéolaire, est entouré de chloroplastes qui forment sur tout leur pourtour de nombreux globules graisseux.

Figure 12. — Stades ultérieurs de la dégénérescence de ces chloroplastes : ces éléments se remplissent de plus en plus de globules graisseux *(a)*, perdent la netteté de leur contour, puis se résolvent en petits grains fuchsinophiles. Ensuite, les chloroplastes situés au voisinage les uns des autres se réunissent en masses constituées par de petites granulations fuchsinophiles et de gros globules graisseux résultant de la fusion des petits globules graisseux formés antérieurement *(b)*.

## PLANCHES 38 et 38 bis

*Cellules épidermiques des fleurs de diverses espèces d'Iris, observées sur le vivant, en solution isotonique. (Grossissement* : 1500).

Figure 1. — Cellules épidermiques d'un pétale d'Iris fauve, au début de la formation de la xanthophylle : chondriocontes imprégnés de pigment.

Figure 2. — *Id.*, à un stade un peu plus avancé. Élaboration d'amidon par les chondriocontes. La vacuole est remplie d'anthocyane.

Figure 3. — Chromoplastes des mêmes cellules à un stade ultérieur : ils résultent de la séparation de renflements formés sur les chondriocontes dans les régions où se sont élaborés les grains d'amidon. Ils sont arrondis et renferment de gros grains d'amidon composés dont l'élaboration a commencé au stade précédent.

Figure 4. — Cellules épidermiques d'un jeune pétale d'*Iris pseudacorus* : chondriocontes imprégnés de xanthophylle.

Figure 5. — *Id.*, à un stade plus avancé.

Figure 6. — Chondriocontes des mêmes cellules élaborant de l'amidon et en voie de transformation en chromoplastes.

Figure 7. — Cellule semblable dans une fleur ouverte.

Figure 8. — Cellules d'un poil de sépale d'*Iris belgica*, au début de son développement. On y voit d'assez nombreux chondriocontes. Dans chaque cellule, un assez gros globule représente une condensation de composés phénoliques.

Figure 9. — *Id.*, au moment de la formation du pigment jaune.

Figure 10. — Cellule épidermique d'un pétale de la même fleur : chondriocontes imprégnés de xanthophylle et élaborant de l'amidon.

Figure 11. — *Id.*, dans une fleur ouverte : chromoplastes vésiculeux restant incomplètement formés.

Figures 12 et 13. — Portions marginales d'un pétale encore jeune d'*Iris siberica*. On y voit les divers stades de l'élaboration du pigment jaune et de la formation de gros chromoplastes à partir des chondriocontes. Dans la figure 13, on voit apparaître des vacuoles remplies d'anthocyane. Tous les stades sont représentés, sauf l'élaboration de l'amidon. On n'a pas représenté les globules graisseux des chondriocontes et des chromoplastes.

Figure 14. — Cellule épidermique d'un jeune pétale d'*Iris siberica ;* les chondriocontes imprégnées de xanthophylle élaborent de l'amidon. (Les globules graisseux ne sont pas figurés dans les chondriocontes.

Figure 15. — Chromoplastes dérivés de ces chondriocontes à un stade ultérieur : quelques-uns renferment encore de l'amidon formé au stade précédent. Les globules graisseux des chromoplastes ne sont pas figurés.

Figure 16. — Cellule épidermique du même pétale après la résorption de l'amidon : gros chromoplastes remplis de globules graisseux.

Figure 17. — Chromoplastes de l'épiderme des stigmates d'*Iris siberica.*

Figure 18. — Cellule épidermique d'un pétale d'*Iris fœtidissima :* gros leucoplastes remplis de globules graisseux. La vacuole est remplie d'anthocyane.

Figure 19. — Stades successifs de la formation des leucoplastes, à partir de chondriocontes dans l'*Iris fœtidissima :* l'amidon ne se forme que dans les leucoplastes une fois différenciés *(e)*. Les chondriocontes et les leucoplastes qui en dérivent restent remplis de globules graisseux pendant tout leur développement.

Figure 20. — Cellule épidermique de la portion jaune d'un sépale de la même espèce. Les chromoplastes sont presque achevés : quelques-uns renferment de l'amidon. Les globules graisseux des chromoplastes ne sont pas figurés.

Figure 21. — Cellule épidermique de l'anthère de la même espèce : gros leucoplastes remplis de globules graisseux.

## PLANCHES 39 et 39 bis

*Cellules épidermiques des pétales de diverses espèces de Lis et de Glaïeul, observées sur le vivant, en solution isotonique. (Grossissement :* 1500).

Figure 1. — Cellule épidermique d'un très jeune pétale de *Lilium croceum.*

Figure 2. — *Id.*, à un stade plus avancé : les chondriocontes élaborent des grains d'amidon.

Figure 3. — Chondriocontes de l'épiderme de *Lilium croceum* à un stade ultérieur : l'amidon commence à se résorber dans l'intérieur des chondriocontes dans lesquels apparaissent des aiguilles cristallines de carotine.

Figure 4. — *Id.*, dans une fleur ouverte : les chondriocontes ayant perdu leur amidon, ont pris des formes cristallines par suite de la formation à leur intérieur de cristaux de carotine.

Figure 5. — Chondriocontes de l'épiderme d'un pétale de *Lilium candidum* un peu avant l'ouverture de la fleur : élaboration de grains d'amidon.

Figure 6. — Cellule épidermique d'un pétale de *Lilium pompeianum,* dans une fleur encore jeune : les chondriocontes se sont remplis de petits grains de carotine et sont en voie de transformation en chromoplastes.

Figure 7. — Stades successifs du développement des chromoplastes dans la même fleur : *a*, les chondriocontes remplis de petits grains de carotine, forment sur leur trajet des renflements ; *b*, ils élaborent ensuite de l'amidon, puis après résorption de cet amidon, se présentent sous forme de grosses vésicules arrondies.

Figure 8. — Stades successifs de la métamorphose en chromoplastes des chloroplastes des cellules du mésophylle d'un pétale de la même fleur. *a*, les chloroplastes prennent des formes irrégulières et forment sur leur pourtour de petits grains de carotine ; *b*, la chlorophylle disparaît et les chromoplastes remplis de grains de carotine élaborent de l'amidon ; *c*, l'amidon s'est résorbé et les chromoplastes prennent l'aspect de grosses vésicules.

Figure 9. — Cellules épidermiques de l'arille du fruit de *Taxus baccata*. Les chondriocontes élaborent de petits grains de rhodoxanthine et de l'amidon et forment sur leur trajet des renflements destinés à se séparer sous forme de chromoplastes arrondis.

Figure 10. — Diverses formes de chromoplastes dans les mêmes cellules.

Figures 11 à 14. — Cellules d'un pétale d'une très jeune fleur de Glaïeul.

Figure 15. — Cellule d'un sépale d'une fleur jaune ouverte : La vacuole renferme de l'anthocyane qui donne à la cellule une teinte rose ; un précipité d'anthocyane se trouve près du noyau.

Figure 16. — Cellule d'un pétale de la même fleur au moment de son ouverture : les chondriocontes ont formé de la xanthophylle.

Figure 17. — Cellule d'un pétale d'une variété jaune de Glaïeul, assez riche en carotine, dans une fleur ouverte : les chondriocontes se sont gonflés et ont pris des formes rondes, ovales, en bâtonnets ou en fuseaux et renferment en outre du pigment xanthophyllien et quelques globules graisseux, des aiguilles cristallines de carotine.

Figure 18. — Stades successifs de la formation des chromoplastes dans une variété semblable : *a*, chondriocontes, formant de petits renflements sur leur trajet, mais encore incolores ; *b*, apparition de xanthophylle ; *c*, chondriocontes prenant la forme de petits chromoplastes renfermant des globules graisseux ; *d*, les chromoplastes élaborent des aiguilles cristallines de carotine.

Figure 19. — Stades successifs de la métamorphose des chloroplastes en chromoplastes dans le mésophylle d'un pétale de fleur de Glaïeul. *a*, chloroplastes remplis de gros grains d'amidon ; *b*, la chlorophylle s'est résorbée et le plaste ne renferme plus que de la xanthophylle ; *c*, *e*, *f*, résorption de l'amidon et apparition dans les chromoplastes de carotine sous forme de grains ou de cristaux.

## PLANCHES 40 et 40 bis

*Cellules épidermiques de la fleur de Glaïeul et de* Clivia, *observées sur le vivant, en solution isotonique.* (*Grossissement :* 1500).

Figure 1. — Cellule épidermique d'un pétale d'une très jeune fleur de variété orangé de Glaïeul.

Figure 2. — *Id.*, dans une fleur ouverte : les chondriocontes ont pris la forme de fuseaux par suite de l'apparition à leur intérieur de cristaux en aiguilles de carotine.

Figure 3. — *Id.*, dans une fleur en voie de désorganisation : les cristaux de carotine ont été mis en liberté, hors des plastes qui les renfermaient : ceux-ci se sont transformés en vésicules ; les vésicules se réduisent ensuite en petits grains confus. On n'aperçoit plus dans la cellule que quelques vésicules, la plupart d'entre elles se sont transformées en masses granuleuses.

Figures 4 et 5. — Cellules épidermiques d'un pétale très jeune de *Clivia nobilis* : les chondriocontes élaborent de l'amidon.

Figure 6. — *Id.*, à un stade un peu plus avancé ; les grains d'amidon élaborés par les chondriocontes sont devenus très gros. La vacuole occupant la majeure partie de la cellule a formé de l'anthocyane qui donne à la cellule une teinte rose uniforme.

Figures 7 et 8. — *Id.*, dans une fleur ouverte : les grains d'amidon sont en voie de résorption, tandis qu'apparaissent dans les chondriocontes du pigment carotinien sous forme de petits grains et de longues aiguilles.

Figures 9 à 11. — Cellules épidermiques d'un pétale d'une fleur de *Clivia cyrtanthiflora* ouverte : les chondriocontes renferment quelques grains d'amidon en voie de résorption et de la carotine sous forme de grains et de cristaux.

Figure 12. — Cellule semblable observée dans une goutte de réactif iodo-ioduré : la carotine a pris avec l'iodo-iodure de K une teinte verte.

Figure 13. — Cellule semblable dans une fleur en voie de désorganisation : les chondriocontes se sont transformés en grosses vésicules, dont l'ensemble donne au cytoplasme une apparence alvéolaire. Ces vésicules renferment pour la plupart à leur intérieur un cristal de carotine et un grain d'amidon.

Figure 14. — *Id.*, à un stade plus avancé de la désorganisation. Les chondriocontes transformés en grosses vésicules ont mis en liberté les cristaux de carotine et les vésicules sont en voie de désorganisation.

## Planche 41

*Cellules de l'épicarpe du fruit d'*Asparagus officinalis. (*Grossissement : 855, sauf la figure 11*).

Figures 1 à 3. — Cellules d'un très jeune fruit, dessinées sur le vivant.

Figure 4. — *Id.*, à un stade ultérieur : les chondriocontes élaborent de petits grains d'amidon.

Figures 6 et 7. — *Id.*, dans un fruit plus développé, un peu avant le rougissement : les chondriocontes forment sur leur trajet de petits renflements.

Figures 8 à 10. — Cellules d'un fruit un peu avant le rougissement au même stade que les figures 6 et 7, fixées par le formol à 40 °/o et colorées par l'hématoxyline ferrique.

Figure 11. — Chondriome de cellules semblables, fixées et colorées de la même manière, dessiné à un grossissement de 1710).

## Planches 42 et 42 bis

*Cellules de l'épicarpe du fruit d'*Asparagus officinalis, *observées sur le vivant en solution isotonique.* (*Grossissement :* 1500).

Figures 1 à 2. — Cellules du fruit au début du rougissement. Les renflements formés sur le trajet des chondriocontes se sont isolés par rupture des parties effilées qui les réunissaient et sont devenus de petits chromoplastes. Ceux-ci conservent, à l'une de leurs extrémités ou aux deux, un appendice effilé, reste du chondrioconte dont ils dérivent, ce qui leur donne l'aspect de têtards ou de fuseaux. Ils renferment de petits grains de carotine.

Figure 3. — *Id.*, à un stade un peu plus avancé : les chromoplastes perdent leurs appendices effilés et s'arrondissent.

Figures 4 à 8. — *Id.*, à un stade plus avancé. Les chromoplastes ont grossi et offrent l'aspect de gros corpuscules incolores, renfermant des grains de pigment localisé sur un de leurs pôles. Les mitochondries granuleuses qui constituaient la partie végétative du chondriome se sont en partie allongées en chondriocontes. A gauche de la figure 8, trois chromoplastes d'un fruit complètement mûr ont été dessinés. Ils ont l'aspect de corpuscules uniformément rouges. Les grains de pigment semblent s'être fusionnés en une seule masse.

Figure 9. — Stades successifs de l'évolution des chondriocontes dans l'épicarpe du fruit d'*Arum italicum*, dessinés sur le vivant. Ces éléments forment d'abord sur leur trajet de petits grains d'amidon *(a)*, puis ceux-ci se résorbent et laissent à leur place sur les chondriocontes de petits renflements vésiculeux. Ces renflements se remplissent ensuite de grains de pigment rouge qui finissent par se fusionner les uns aux autres. Vers la fin, les renflements se séparent par rupture des parties effilées qui les réunissent et apparaissent sous forme de petits chromoplastes arrondis et vésiculeux dans lesquels les grains rouges se fusionnent en un seul gros globule.

## PLANCHES 43 et 43 bis

*Cellules de l'épicarpe du fruit d'*Arum italicum, *observées sur le vivant en solution isotonique.* (*Grossissement :* 1500).

Figures 1 et 2. — Cellule très jeune. La membrane cellulosique n'a été dessinée que dans cette figure ; dans les autres, elle n'est représentée que par un trait.

Figures 4 et 5. — Stade ultérieur : élaboration de grains d'amidon au sein des chondriocontes.

Figure 3. — Stade plus avancé : les grains d'amidon se sont résorbés, laissant à leur place de petits renflements vésiculeux.

Figures 6 à 11. — Début du rougissement. Dans la figure 8, on a représenté les trabécules cytoplasmiques.

Figure 12. — Cellule examinée dans l'eau : sous l'influence du milieu hypotonique, les chondriocontes chargés de pigment se sont transformées en grosses vésicules et les mitochondries granuleuses en petites vésicules.

## PLANCHES 44 et 44 bis

*Cellules épidermiques des pétales d'*Amaryllis *et de Courge, observées sur le vivant.* (*Grossissement :* 1500).

Figures 1 à 4. — Cellules épidermiques d'un très jeune pétale d'*Amaryllis lutea*. Elaboration des grains d'amidon par les chondriocontes.

Figures 6 et 19. — *Id.* à un stade plus avancé : les chondriocontes se transforment en chromoplastes.

Figures 7 et 21. — *Id.*, dans une fleur ouverte : chromoplastes en fuseaux avec cristaux en aiguille de carotine.

Figure 8. — Portion d'une cellule semblable, montrant les cristaux pigmentaires : le contour des chromoplastes se distingue mal.

Figure 9. — Dégénérescence des chromoplastes.

Figures 10 et 12. — Cellules épidermiques d'un très jeune pétale de Courge.

Figures 11, 13 et 15. — *Id.*, à un stade ultérieur : élaboration d'amidon ; dans la figure 15, les chondriocontes élaborent déjà du pigment xanthophyllien.

Figures 14, 16 et 17. — *Id.*, à un stade ultérieur : les chromoplastes sont formés et renferment du pigment carotinien cristallisé en aiguilles qui leur donnent l'aspect de fuseaux, triangles, etc. Dans la figure 16, quelques cristaux se sont libérés de leur plaste et dans la figure 17, un chromoplaste altéré présente l'aspect d'une vésicule avec au centre deux aiguilles cristallines de carotine.

Figure 24. — Cellule d'un poil de pétale de Courge encore jeune : les chondriocontes en voie de transformation en chromoplastes élaborent de l'amidon.

Figures 22 et 23. — Stades plus avancés : les chromoplastes achèvent la résorption de leur amidon et prennent des formes plus ou moins cristallines dues à la cristallisation de la carotine.

Figure 20. — Cellule épidermique d'un pétale de Courge en voie de fanaison : les chromoplastes sont transformés en vésicules et leurs cristaux de carotine se sont libérés et rassemblés sur un côté de la cellule.

Figure 18. — Stade plus avancé de la dégénérescence : les chromoplastes se sont résorbés : le pigment xanthophyllien s'est fusionné en grosses masses et l'on aperçoit quelques aiguilles de carotine.

## Planches 45 et 45 bis

*Cellules de divers fruits et de fleurs de* Tropœolum, *de Bégonia et de Canna. (Grossissement :* 1500).

Figure 1. — Amyloplastes des cellules de l'épicarpe d'un fruit de *Lycium barbarum*, avant le rougissement : ces éléments renferment des grains d'amidon composés.

Figure 2. — Chromoplastes résultant de la transformation des leucoplastes dans l'épicarpe du fruit au moment de sa maturation : les chromoplastes ont pris des formes cristallines dues à l'apparition en leur sein d'aiguilles cristallines de lycopine ; l'amidon se résorbe.

Figure 3. — Cellules d'un pétale très jeune de Canna.

Figure 4. — *Id.*, à un stade un peu plus avancé : les chondriocontes forment de la chlorophylle.

Figure 5. — *Id.*, dans une fleur ouverte : les chondriocontes se sont transformés en chromoplastes en forme de fuseaux par suite de la formation à leur intérieur de cristaux de carotine.

Figure 6. — Diverses formes de chromoplastes dans l'épiderme des pétales de la même fleur.

Figure 8. — Chromoplastes de l'épiderme des pétales de *Tropœolum majus*.

Figure 7. — Cellule de l'épicarpe d'un jeune fruit de *Solanum dulcamara* avant le rougissement : leucoplastes arrondis.

Figure 20. — *Id.*, à un stade plus avancé : transformation des leucoplastes en chloroplastes.

Figure 9. — *Id*, dans un fruit mûr : la chlorophylle s'est résorbée et des cristaux de lycopine se sont formés à sa place.

Figure 12. — Stades successifs de la métamorphose des chloroplastes en chromoplastes dans le mésocarpe du même fruit. Les chloroplastes ont de petits grains d'amidon en voie de résorption : la xanthophylle se substitue à la chlorophylle, puis apparaît un pigment cristallisé rouge, tandis que la xanthophylle disparaît.

Figure 11. — Chromoplastes de l'épicarpe du fruit de *Solanum lycopersicum*.

Figure 13. — Cellule épidermique d'un jeune pétale de Begonia tuberculeux (variété jaune).

Figure 19. — *Id.* dans une fleur ouverte : les chromoplastes affectent les formes les plus diverses.

Figure 16. — Chromoplastes de la couche hypodermique d'un pétale de Begonia tuberculeux : les grains d'amidon sont en voie de résorption.

Fig. 24. — *Id.*, à un stade plus avancé, et dans une variété orangé : des cristaux de pigment orangé ont donné aux chromoplastes des formes cristallines. Quelques-uns renferment encore de l'amidon.

Figure 15. — Chromoplastes de l'épiderme des pétales de *Fritillaria imperialis.*

Figure 25. — Cellules de l'épicarpe d'un fruit de Bryone dioïque : chromoplastes arrondis renfermant à leur périphérie un pigment orangé, d'apparence diffus.

Figure 14. — *Id.*, à un stade ultérieur ; une partie du pigment orangé prend la forme d'aiguilles cristallines et impriment aux chromoplastes qui renferment ces aiguilles l'aspect de fuseaux.

Figure 22. — Cellule de mésenchyme du fruit jeune de *Rosa canina :* les chloroplastes commencent à former dn pigment orangé qui se substitue à la chlorophylle.

Figure 23. — *Id.*, dans un fruit rouge. Les chloroplastes ont pris la forme de longs fuseaux, par suite de la formation à leur intérieur de longues aiguilles cristallines de pigment.

Figure 21. — Diverses formes de chromoplastes dans le même fruit.

Figures 17 et 18. — Cellule et fragment de cellule du mésocarpe du même fruit, sur coupe fixée et colorée par la méthode de Regaud : on y voit les chromoplastes en forme de longs fuseaux et un chondriome constitué par des mitochondries granuleuses ou en courts bâtonnets et quelques chondriocontes.

# TABLE DES MATIÈRES

## I. INTRODUCTION

A) But du travail . . . 372
B) Etat actuel de la question de l'étude vitale du chondriome et de sa fixation . . 373
C) Etat actuel de la question du mode de formation des pigments xanthophylliens et carotiniens . . . 381
D) Technique . . . 387

## II. OBSERVATIONS PERSONNELLES

*FLEUR DE TULIPE (Tulipia suaveolens et Gesneriana)*

A) Etude vitale du chondriome dans les cellules épidermiques de la variété blanche . . . 392
B) Etude vitale du chondriome dans les cellules épidermiques des variétés jaunes . . . 396
C) Observation vitale du chondriome des cellules épidermiques des feuilles . . . 397
D) Evolution du chondriome pendant le développement des sépales et pétales et élaboration du pigment xantophyllien. 398
E) Caractères physiologiques du chondriome. Altérations . 402
  a) Action des milieux hypotoniques . . . 402
  b) Action des milieux hypertoniques. Plasmolyse . 408
  c) Altérations du chondriome sous l'influence des diverses conditions physico-chimiques . . . 451
  d) Dégénérescence du chondriome . . . 453
  e) Coloration vitale . . . 454
F) Action des divers agents chimiques sur le chondriome . 455
G) Action des fixateurs sur le chondriome et le cytoplasme. 457
H) Observation de la cellule fixée et colorée . . . 465

*FLEUR D'IRIS GERMANICA.* —

A) Structure des cellules épidermiques des divers organes d'une jeune fleur . . . 471
B) Evolution du chondriome dans les sépales, pétales, stigmates et étamines . . . 474
  1° Formation des chromoplastes . . . 474
  2° Formation des leucoplastes inactifs et d'amyloplastes . . . 480
  3° Formation d'amyloplastes dans les cellules parenchymateuses . . . 485
C) Evolution du chondriome dans les bractées et les feuilles . . . 487
D) Aspect cristallin de certains plastes . . . 494
E) Caractères physiologiques du chondriome. 498
  1° Action des milieux hypotoniques . . . 501

2° Action des milieux hypertoniques. Plasmolyse . . . . . . . . . . . . 505
F) Fixation du chondriome. . . . . . . 540
G) Observation du chondriome sur coupes fixées et colorées. . . . . . . . . . 541
H) Dégénérescence du chondriome . . . . 550
*FLEURS D'AUTRES ESPÈCES D'IRIS* . . . . . . . . . . . . . . . 555
*FLEUR DE FRITTILIA IMPERIALIS* . . . . . . . . . . . . . . . 565
*FLEUR DE BEGONIA TUBEREUX.* . . . . . . . . . . . . . . . 565
*FLEUR D'OXALIS STRICTA* . . . . . . . . . . . . . . . . . 567
*FLEUR DE NARCISSUS POETICUS* . . . . . . . . . . . . . . . 567
*FLEUR DE JACINTHE* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 567
*FLEUR DE YUCCA FILAMENTOSA* . . . . . . . . . . . . . . . 569
*FLEUR DE FUNKIA SUBCORDATA* . . . . . . . . . . . . . . . 569
*FRUITS D'ARUM ITALICUM* . . . . . . . . . . . . . . . . . 570
*FRUIT D'ASPERGE (ASPARAGUS OFFICINALIS)* . . . . . . . . . . 574
*FLEURS DE LIS (LILIUM CANDIDUM, POMPEIANUM ET CROCEUM* . . 577
*ARILLE DE TAXUS BACCATA* . . . . . . . . . . . . . . . . 579
*FLEUR DE GLAIEUL* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 579
*FLEUR DE CLIVIA NOBILIS ET CYNTANTHIFLORA* . . . . . . . . . 583
*FLEUR D'AMARYLLIS LUTEA* . . . . . . . . . . . . . . . . 587
*FLEUR DE COURGE.* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 588
*FLEUR DE CANNA FLORIFERE* . . . . . . . . . . . . . . . . 592
*FLEURS DE TROPÆOLUM MAJUS ET LOBBIANUM* . . . . . . . . . 593
*FLEUR DE LYCIUM BARBARUM* . . . . . . . . . . . . . . . . 594
*FRUIT DE SOLANUM DULCAMARA* . . . . . . . . . . . . . . . 596
*FRUIT DE SOLANUM LYCOPERSICUM* . . . . . . . . . . . . . . 597
*FLEUR DE BRYONIA DIOICA* . . . . . . . . . . . . . . . . 597
*FLEUR DE ROSA CANINA* . . . . . . . . . . . . . . . . . 598

## III. Résumé et Considérations générales

### A) *ÉTUDE VITALE DU CHONDRIOME*

a) Caractères morphologiques des cellules et en particulier du chondriome. . . 601
b) Caractères physiologiques du chondriome et du cytoplasme. . . . . . . . 639
  1) Mouvements des mitochondries. . . . . . . . . . . . . . . . . 639
  2) Altérations de la cellule et en particulier du chondriome vis-à-vis des actions osmotiques.
    a) Milieux hypotoniques . . . . 640
    b) Action des milieux hypotoniques. 641
    c) Milieux hypertoniques . . . 644
    d) Réversibilité des altérations . . 650
  3) Actions physico-chimiques diverses sur le chondriome. . . . . . . 652
  4) Coloration vitale . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 653
  5) Evolution du chondriome.
    a) Son rôle dans les élaborations de la cellule et dans la formation des plastides . 654
    b) Aspect cristallin de certains plastes . . 656
    c) Mitochondries végétatives et élaboratrices. . . . . . . . . . . . 656
  6) Dégénérescence du chondriome . . . . . . . . . . . . . . . 657
  7) Fixation du chondriome et du cytoplasme. . . . . . . . . . . . 660
  8) Comparaison des mitochondries de la cellule végétale et de la cellule animale . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 664
  9) Réponse à quelques objections. . . . . . . . . . . . . . . . 669
  10) Résultats généraux . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 684
  11) Hypothèses relatives à la structure du cytoplasme . . . . . . . 687

B) *MODE DE FORMATION DES PIGMENTS XANTHOPHYLLIENS ET CAROTINIENS*

1) Divers modes de formation du pigment . . . . . . . . . . . . . . 692
2) Aspect cristallin de certains chromoplastides . . . . . . . . . . . 695
3) Mitochondries et plastides . . . . . . . . . . . . . . . . . . 697
4) Structure des plastides . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 704
5) Plastides inactifs . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 705
6) Elaboration des grains d'amidon précédant la formation des chromoplastides. 706
7) Relations entre les mitochondries et les phénomènes diastasiques . . . 707
8) Origine des pigments . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 708
9) Comparaison des processus d'élaboration des pigments dans la cellule végétale et la cellule animale . . . . . . . . . . . . . . . . 709
10) Présence de globules graisseux dans les mitochondries et les plastes et en particulier dans les chromoplastides . . . . . . . . . . . . . 713

C) *CONCLUSIONS* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 719

# NOTES BIBLIOGRAPHIQUES

H. Hesselman. — **Om vara skogsföryngringsatgärders inverkan pa salpeterbildningen i marken och dess betydelse för barrskogens föryngring.** (Sur l'effet de nos mesures de régénération sur la formation du salpêtre dans le sol et son importance dans la régénération des forêts de Conifères) + Résumé en anglais : (Medd. fr. Statens skogsförsöksanstalt. H. 13. 17, p. 923 à 1076. Stockholm. 1917).

La question du reboisement est liée à la connaissance des conditions optima pour le développement des jeunes arbustes et en particulier à la connaissance chimique du sol où ils se développent. A cet égard, les nitrates semblent jouer un rôle très grand au moins en ce qui concerne le Pin, comme l'a bien montré H. Hesselman.

Cette première étude est consacrée à la régénération dans deux types de forêts de Conifères : les forêts d'Epicea à sous-bois herbacé et les forêts de Conifères à tapis de Mousses.

Dans les forêts d'Epicea à sous-bois herbacé, la nitrification est habituelle. Lorsqu'on pratique des coupes dans ces forêts, l'augmentation de lumière active la nitrification et dans le sol enrichi des clairières, des plantes herbacées se développent en compétition avec les essences forestières qui s'y régénèrent naturellement. Souvent d'ailleurs ces dernières, mal servies par un développement trop lent, succombent dans la lutte.

Les forêts de Conifères à sol couvert d'*Hylocomium parietinum* et *H. proliferum* ne sont pas normalement le siège de phénomènes de nitrification.

Lorsqu'on soumet ces forêts à des coupes, l'évolution de l'azote est modifiée, et modifiée d'une façon particulière selon la nature du sol.

Si l'humus est un humus brut (rahumus), la transformation de l'azote humique est accélérée, mais les nitrates n'apparaissent pas. Les clairières se colonisent alors d'*Aira flexuosa*.

Quand la couverture humique est mince et formée de Mousses et d'aiguilles, l'accès de lumière détermine une immigration des Bactéries nitrifiantes ; la nitrification commence et on localise chez les végétaux qui s'installent une quantité de nitrates très appréciable. Ces plantes, nitratophiles, sont le plus souvent : *Epilobium angustifolium, Rubus Idæus, Arenaria trinervia, Galeopsis bifida, Solidago Virga-aurea*, etc, auxquelles se joignent quelquefois des rudérales venues des cultures, telles que *Sonchus arvensis, Cirsium arvense, C. lanceolatum.*

Dans les aires incendiées apparaissent les mêmes phénomènes que dans les coupes. Ainsi le sol d'une région brûlée depuis 3 ans formait plus d'azote nitrique par kgr. qu'une terre fumée provenant d'une culture de Pomme de terre. Dans de tels sols les plantes nitratophiles se développent.

La connaissance de ces phénomènes n'a pas qu'un intérêt purement théorique, elle permet d'asseoir, sur une base rationnelle, l'intervention de l'homme dans la régénération des forêts. Un simple exemple le montrera.

Lorsqu'on veut aider la régénération d'une forêt de Pins sur humus brut où la nitrification ne se fait pas normalement, on se rappellera l'importance des électrolytes dans le développement des Bactéries nitrifiantes. On pourra alors essayer d'enrichir le sol en sels soit en y incinérant des broussailles, soit en le mélangeant avec la couche minérale sous-jacente à l'aide d'appareils spéciaux (charrue finnoise).

Marcel Denis.

H. Hesselman. — **Studier över salpeterbildningen i naturliga jordmaner och dess betydelse i växtekologiskt avseende.** (Études sur le développement des nitrates dans les sols naturels et son importance au point de vue phytœcologique) + Résumé en allemand : (Medd. fr. Statens skogsförsöksanstalt. H. 13. 17, p. 297-528. Stockholm. 1917).

Après avoir donné quelques détails sur la chimie de l'humus et sur le cycle de l'azote, l'auteur aborde l'exposé des méthodes chimiques et bactériologiques qui lui ont permis de mettre en évidence l'évolution de l'azote — et en particulier de l'azote nitrique — dans le substratum de quelques associations végétales.

Les Bactéries nitrifiantes ont été cultivées sur milieu de Winogradsky ou de Buhlert-Fickendey, les Bactéries dénitrifiantes dans la solution de Giltay. Des échantillons de terre ont été prélevés et leur pouvoir nitrificateur a été comparé. Enfin, les plantes qui croissaient dans les sols étudiés ont été soumises à la recherche des nitrates grâce à la réaction colorée de la diphénylamine.

Les Bactéries de la nitrification et de la dénitrification sont largement répandues dans toutes les associations végétales de la Suède. Pourtant dans l'humus brut des forêts de Conifères à tapis de Mousses et dans les tourbières, le processus de nitrification n'a pas lieu : les Bactéries nitrifiantes ne trouvant pas dans ces milieux les conditions nécessaires à leur développement ; notamment l'acidité de l'humus brut ou de la tourbe s'oppose à la nitrification. Cette dernière n'a également pas lieu dans un sol pauvre en électrolytes. L'apport des électrolytes se produit soit avec les eaux, soit à la suite du travail des insectes et des vers, qui, aux particules de l'humus mélangent les matières minérales des couches profondes du sol. Il faut enfin signaler que la présence du carbonate de calcium est nécessaire au bon développement des *Azotobacter*.

Marcel Denis.

Marie C. Stopes. — **New Bennettitean cones from the British Cretaceous** *Phil. Trans. Royal Soc. London,* série B : vol. 208, pp. 389-440 ; pl. 19-24 ; 25 text-figures, 1918.

Les *Bennettitales* abondants durant le *Jurassique* et le *Crétacé* plus ancien que le *Gault* (*Albien*), sont rares dans ce dernier terrain. Des deux inflorescences à structure conservée décrites par l'auteur, l'une (*Bennettites albianus* sp. nov.) provient du *Gault* du Kent, de Folkestone (Angleterre) ; l'autre du *Lower Greensand* de l'île de Wight.

1° Le cône du *Bennettites Albianus*, partiellement conservé, ne mesurait pas moins de 7 centimètres de diamètre et comptait environ 600 graines. L'auteur donne la description détaillée de ces graines et des « écailles interséminales. »

*Ecailles interséminales :* un seul faisceau vasculaire traverse dans la région centrale le tissu fondamental, à cellules arrondies, de chaque écaille ou bractée stérile. Leurs cellules épidermiques sont remarquables par la conservation de leur contenu riche en granules sphériques ou globules. C'est la « *couche à plastides* » de l'auteur.

*Graines :* Les pédoncules s'évasent en coupe à leur sommet ; la base de la graine est enveloppée de cellules tubuliformes, lui constituant une sorte d'arille ou de cupule, mais on ne peut établir de parallèle avec les cupules des *Lagenostomales*, parce que chez le *Bennettites*, le tégument des graines n'est pas innervé. Ce tégument est complexe ; le long micropyle est rempli en partie par du tissu provenant du sommet du nucelle. L'embryon a deux cotylédons. Les *Bennettites*, comme les *Cycadées*, sont des xérophytes typiques. Chez les *Cycadées*, les grands cônes sont approvisionnés en eau par des faisceaux vasculaires, les faisceaux sont réduits dans le cas des *Bennettites*. Miss Stopes émet l'hypothèse que les cellules tubuliformes, entourant la graine d'une sorte de cupule, auraient eu pour rôle de maintenir l'humidité autour des ovules en voie de croissance, dans les cônes très denses des *Bennettites*.

2° *Bennettites maximus* Carruthers. Tronc à section elliptique, du moins en apparence, mesurant 30 × 17 cm. de diamètre ; moelle massive, dépourvue de canaux à gomme et de faisceaux vasculaires, pourvue de *cellules de transfusion* à parois épaisses et ponctuées. Bois entourant la moelle (structure monostélique) ; une assise génératrice donne du bois et du liber, ce dernier plus développé que le bois secondaire à trachéides scalariformes. Rayons médullaires de façon générale unisériés.

Les bases foliaires ont de nombreuses « *cellules de transfusion* » ; leurs faisceaux vasculaires n'ont que du bois centrifuge, à moins d'admettre que certains éléments de transfusion tiennent lieu du bois centripète. Chez les *Cycadées*, les faisceaux des bases foliaires sont mésarches et il existe du « tissu de transfusion. »

Les cônes du *B. maximus* sont nombreux, petits ; ils ont été fossilisés à un stade très jeune de leur développement ; cependant ils se montrent nettement *bisporangiés*.

A. Carpentier

## Boyer. — **Etudes sur la biologie et la culture des Champignons supérieurs.**

Après quelques remarques générales sur les Champignons et leur culture, l'auteur fait, de ses propres recherches, un exposé qu'il divise en deux parties.

*Première partie :* Recherches générales sur le développement et la culture des Champignons. Pour obtenir le développement d'une espèce, M. Boyer, en général, ne part pas de la spore. Il prélève, en prenant les précautions habituelles pour éviter des contaminations, des fragments dans l'intérieur du pied ou du chapeau, et les transporte sur les divers milieux de culture qu'il a employés : fumier, bois, tranches de carotte, etc.

L'auteur exagère un peu en donnant à cette façon d'opérer le nom de « méthode nouvelle », car ce procédé a déjà été employé, et l'on obtient ainsi, souvent sans grandes difficultés, un beau développement mycélien : mais on n'arrive pas toujours jusqu'aux fructifications. L'auteur le sait bien lui-même, pour diverses espèces qui ont fait l'objet de ses expériences. Or, évidemment, dans cet ordre d'idées, on ne doit considérer comme réellement réussies que les cultures qui fournissent des fructifications.

M. Boyer oppose ce bouturage à la culture faite en partant de la spore même, et cela principalement parce que avec le *Psalliota campestris*, il n'a jamais obtenu de « résultats positifs indiscutables ». Ce fait négatif ne saurait infirmer les résultats positifs de MM. Costantin et Matruchot qui, eux, partent des spores et obtiennent aisément un blanc de Champignon pur.

M. Boyer donne ensuite des détails sur le caractère des mycéliums qu'il obtient d'*Armillaria mellea, Collybia fusipes, Rhizopogon luteus, Scleroderma vulgare*, etc. Des résultats de ce genre lui ont été fournis par trente-deux espèces. Il est arrivé jusqu'aux fructifications, en particulier, pour *Armillaria mellea*, *Lentinus tigrinus*, *Pholiota ægerita*.

Il termine cette première partie par quelques considérations sur diverses conditions de fumure, de milieu susceptible de favoriser le développement des Champignons, et sur le rôle symbiotique que certains d'entre eux peuvent jouer vis-à-vis d'arbres et de plantes herbacées.

*Deuxième partie :* Etude spéciale de quelques espèces. Dans un premier chapitre, l'auteur étudie surtout la Morille dont il a produit des développements mycéliens sur des milieux variés. En général, les milieux neutres, faiblement acides ou faiblement alcalins sont favorables ; ceux très alcalins ou très acides ne donnent que des résultats beaucoup moins bons. L'appareil ascosporé n'a jamais pu être obtenu.

Dans un second chapitre, il étudie les Psalliotes et, en particulier, le *P. campestris*. En opérant, comme il a été dit plus haut, par bouturage, l'auteur a fait des cultures en grand, dans les conditions ordinaires des Champignonnistes, sur meules de fumier. Il a obtenu ainsi de très beaux développements avec diverses variétés, bien connues comme telles dans la région de Bordeaux ; Reinard, La Griffe, Filibert, Cousteau, Léonard.

Il y a dans le travail de M. Boyer de nombreux résultats intéressants et il est probable que l'auteur arrivera à des succès avec un plus grand nombre d'espèces que celles que l'on sait cultiver actuellement. Son expérience le met maintenant à même d'étudier le développement morphologique des Champignons Basidiomycètes, connu actuellement pour bien peu d'espèces. Il y a beaucoup à découvrir dans ce champ d'études et M. Boyer est tout indiqué par ses travaux précédents pour en défricher, avec beaucoup de succès, une partie.

Léon Dufour

# CHRONIQUES ET NOUVELLES

M. J. COSTANTIN, Professeur de Culture au Muséum d'Histoire naturelle de Paris, est nommé Professeur d'Organographie et de Physiologie végétales dans le même établissement.

⁂

M. G. NICOLAS est nommé Maître de conférences de Botanique à la Faculté des Sciences de Nancy.

⁂

La chaire d'Histoire naturelle de l'Ecole de Pharmacie de Nancy est déclarée vacante.

⁂

Un concours aura lieu le 14 Juin 1920 à la Faculté de Médecine de Montpellier pour l'emploi de Professeur suppléant d'Histoire naturelle à l'Ecole de Médecine et de Pharmacie de Marseille.

⁂

Un concours sera ouvert le 31 Mai 1920, à la Faculté de Médecine de Lille, pour l'emploi de Professeur suppléant d'Histoire naturelle à l'Ecole de Médecine et de Pharmacie d'Amiens.

# TABLE DES ARTICLES ORIGINAUX

Notice sur Viviand-Morel, par M. Gaston **Bonnier** . . . . . . . 5

Variation des substances hydrocarbonées dans les feuilles (avec sept figures dans le texte) *(suite)*, par M. Emile **Michel-Durand**. 10, 53, 143, 196, 251, 287

Recherches anatomiques sur quelques plantes littorales de Madagascar (avec douze figures dans le texte et une planche), par M. Marcel **Denis** . . . . . . . . . . . . . 33, 115, 129

Notice sur Charles-Louis Gatin (avec un portrait), par M. Jean **Friedel** . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 65

L'inuline chez les végétaux. — Genèse et transformation, par M. H. Colin . . . . . . . . . . . . . . . . 75, 179, 229, 277

Notes paléophytologiques sur le Carbonifère du bassin de la Basse-Loire (avec une planche), par M. A. **Carpentier**. . . . . . 81

Influence de l'éclairement sur l'absorption du glucose par les racines des plantes supérieures (avec une planche), par Mme Dolorès **Cebrian de Besteiro** et M. **Michel-Durand** . . . . . . . 94

Sur le montage de quelques préparations microscopiques, par M. Henri **Coupin** . . . . . . . . . . . . . . . . . . 109

Contribution à l'étude des relations qui existent dans les feuilles entre la respiration et la présence de l'anthocyane, par M. G. **Nicolas** . . . . . . . . . . . . . . . . . . 161

Edouard Bureau. — Sa vie et son œuvre (avec un portrait), par M. F. **Gagnepain** . . . . . . . . . . . . . . . . . 209

Sur le suspenseur du *Trapa natans* L. (avec cinq figures dans le texte et une planche), par M. A. **Tison**. . . . . . . . . . 219

Notes de Paléobotanique néo-calédonienne (avec une planche), par M. A. **Guillaumin** . . . . . . . . . . . . . . . . . 273

Deux Hépatiques peu connues (avec une figure dans le texte et une planche), par MM. Ch. **Douin** et L. **Trabut** . . . . . . . . 321

Recherches anatomiques sur les variations du *Paris quadrifolia* L. (avec vingt-et-une figures dans le texte), par Mme Valentine-Charles **Gatin** . . . . . . . . . . . . . . . . 329, 353

Observations vitales sur le chondriome des végétaux et recherches sur l'origine des chromoplastides et le mode de formation des pigments xanthophylliens et carotiniens. Contribution à l'étude physiologique de la cellule (avec trente-cinq figures dans le texte et soixante planches), par M. A. **Guilliermond** . 372, 446, 532, 635

Notes d'herborisation au Maroc, par M. Marcel **Rigotard** . . . . 417

Etude sur la semence et la germination du *Garcinia Mangostana* L. (avec trente-quatre figures dans le texte et trois planches), par M. Andreas **Sprecher**. . . . . . . . . . . . . . 513, 609

# TABLE DES NOTES BIBLIOGRAPHIQUES

ARBER, Agnes. The phyllode theory of the monocotyledonous leaf with special reference to anatomical evidence . . . . . . . 318
Archivos do Jardim Botanico do Rio de Janeiro . . . . . . . . 61
ARNAUD. Les Astérinées . . . . . . . . . . . . . . . . 414
BEARDSLEE, H.-C.. The Lactarias of North Carolina . . . . . . . 509
BOYER. Etudes sur la biologie et la culture des Champignons supérieurs . . . . . . . . . . . . . . . . . . 774
BRACHER, Rose. Observations on *Euglena deses* . . . . . . . . 350
BRENCHLEY, Winifred E. Organic plant poisons. II. Phenols . . . 160
BRIQUET, John. L'appareil staminal des Composées, structure et fonctions de ses diverses parties . . . . . . . . . . . . 205
CAMPBELL, D. H. Studies on some East Indian Hepaticæ . . . . 605
CHODAT, R. *Muraltiæ novæ* . . . . . . . . . . . . . . 61
COKER, W. The Amanitas of the Eastern United States . . . . . 509
COKER, W. The Russulas of North Carolina . . . . . . . . . 509
COLANI, M. Essai sur les flores tertiaires du Tonkin . . . . . . 270
COWDRY. Comparaison des mitochondries des cellules animales et végétales . . . . . . . . . . . . . . . . . . 121
DAVIE, R. C. A comparative list of Fern pinna-traces, with some notes on the leaf-trace in the Ferns . . . . . . . . . . 126
DE COULON, André. Etude de la luminescence du *Pseudomonas luminescens* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 159
DOIDGE, Ethel. South African Perisporiales . . . . . . . . . 30
DON, A. W. R. and G. HICKLING. On *Parka decipiens* . . . . . 416
GATES, R. RUGGLES. A systematic analytical study of certain North American Convallariaceæ, considered in regard to their origin through discontinous variation . . . . . . . . . . . 126
HASSELBRING, H. and L.-A. HAWKINS. Respiration experiments with sweet potatoes . . . . . . . . . . . . . . . . 318
HAWKINS L.-A. (Voyez HASSELBRING H.)
HEMPEL, Jenny. Buffer processes in the metabolism of succulents plants . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 158
HESSELMANN, H. Om vara skogsforyngringsatgarders inverkan pa salpeterbildningen i marken och dess betydelse for barrskogens foryngring . . . . . . . . . . . . . . . . . 771
HESSELMANN, H. Studier over salpeterbildningen i naturliga jordmaner och dess betydelse i vaxtekologiskt avseende . . . . 772

Hickling, G. (Voyez Don, A. W. R.)

Ishikawa, Rigakushi. Studies of the embryo sac and fertilization in *Œnothera* . . . . . . . . . . . . . . . . . . 126

Jeffrey, E. C. (Voyez Scott, D. H.).

Mottier. Chondriosomes and the primordia of chloroplasts and leucoplasts . . . . . . . . . . . . . . . . . . 157

Mutto, Elisa et Gino Pollacci. Ulteriori ricerche intorno alla variazione di alcune specie di Micromiceti . . . . . . . . . . 30

Nicolas. L'amélioration des orges en Algérie . . . . . . . . . 269

Nothnagel, Mildred. Fecundation and formation of the primary endosperm nucleus in certain Liliaceæ . . . . . . . . . . . . 510

Palladin, Vladimir. Plant physiology . . . . . . . . . . . . 205

Parr, Rosalie. The response of *Pilobolus* to light . . . . . . 160

Pollacci, Gino. (Voyez Mutto, Elisa).

Portier, Paul. Les symbiotes . . . . . . . . . . . . . . 604

Rivett, M. F. The structure of the cytoplasm in the cells of *Alicularia scalaris* Cord. . . . . . . . . . . . . . . . . 205

Rouède, Joseph. Etude anatomique de la germination de quelques Polygonées . . . . . . . . . . . . . . . . . . 31

Ruby, J. Recherches morphologiques et biologiques sur l'Olivier et sur ses variétés cultivées en France . . . . . . . . . . . 269

Sargent, C. S. Notes on North American trees, II. *Carya* . . . 512

Sargent, Oswald H. Fragments of the flower biology of westralian plants . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 125

Scott, D. H. The *Heterangium* of the British coal-measures . . . 61

Scott, D. H. Notes on *Calamopitys* Unger . . . . . . . . . . 319

Scott, D. H. and E. C. Jeffrey. On fossil plants, showing structure, from the base of the Waverley shale of Kentucky . . . . . 28

Seward, A. C. Antarctic fossil plants. British Museum Natural History . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 350

Sharples, A. The laticiferous system of *Hevea brasiliensis* and its protective function . . . . . . . . . . . . . . . . . 125

Stopes, Marie C. A new Araucarioxylon from New Zealand . . . 416

Stopes, Marie C. An early type of the Abietineæ (?) from the Cretaceous of New-Zealand . . . . . . . . . . . . . . . 606

Stopes, Marie C. Roots in *Bennettites* . . . . . . . . . . 607

Stopes, Marie C. New Bennettitean cones from the British Cretaceous . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 773

Vincent, François. Recherches organogéniques sur quelques Hypocréales . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 122

West, G.-S. Algæ . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 207

# TABLE DES PLANCHES

## CONTENUES DANS LE TOME TRENTE-ET-UNIÈME

Planche 1. *Plantes littorales de Madagascar.*

Planche 2. *Influence de l'éclairement sur l'absorption du glucose.*

Planche 3. *Empreintes carbonifères.*

Planche 4. *Le suspenseur du* Trapa natans *L.*

Planche 5. *Germination du* Garcinia Mangostana *L.*

Planche 6. *Ovaire de* Garcinia Mangostana *L.*

Planche 7. *Tige et feuille de* Garcinia Mangostana L.

Planche 8. *Végétaux du Permo-Trias néocalédonien.*

Planche 9. Riccinia.

Planche 10. *Cellules épidermiques des pétales de* Tulipa suaveolens *observées sur le vivant en solution isotonique.*

Planches 11 et 11 bis. *Cellules épidermiques des pétales de* Tulipa suaveolens *en milieu isotonique.*

Planche 12. *Altérations des cellules épidermiques des pétales d'une variété blanche de* Tulipa suaveolens *sous l'influence d'un milieu hypotonique.*

Planches 13 et 13 bis. *Cellules épidermiques de* Tulipa suaveolens *en milieu hypotonique.*

Planches 14 et 14 bis. *Plasmolyse des cellules épidermiques de* Tulipa suaveolens.

Planches 15 et 15 bis. *Plasmolyse des cellules épidermiques de* Tulipa suaveolens.

Planches 16 et 16 bis. *Dégénérescence du chondriome dans* Tulipa suaveolens.

Planches 17 et 17 bis. *Cellules épidermiques des pétales de* Tulipa suaveolens.

Planches 18 et 18 bis. *Cellules épidermiques des pétales de* Tulipa suaveolens.

Planche 19. *Action des fixateurs sur le chondriome des cellules épidermiques des pétales de* Tulipa suaveolens.

Planche 20. *Cellules épidermiques de pétale d'*Iris germanica *observées en solution isotonique.*

Planches 21 et 21 bis. *Cellules épidermiques des pétales d'*Iris germanica *en solution isotonique.*

Planches 22 et 22 bis. *Cellules épidermiques de la fleur d'*Iris germanica *en solution isotonique.*

Planche 23. *Cellules épidermiques de l'anthère d'*Iris germanica *observées en solution isotonique.*

Planche 24. *Cellules épidermiques des bractées d'*Iris germanica *observées en solution isotonique.*

Planche 25. *Cellules épidermiques de la feuille d'*Iris germanica *observées en solution isotonique.*

Planche 26. *Altérations des cellules épidermiques de la feuille d'*Iris germanica *en solution hypotonique.*

Planches 27 et 27 bis. — *Altérations des cellules épidermiques des bractées d'*Iris germanica *en milieu hypotonique.*

Planches 28 et 28 bis. *Plasmolyse des cellules épidermiques de la feuille d'*Iris germanica.

Planche 29. *Plasmolyse des cellules épidermiques de la feuille d'*Iris germanica.

Planches 30 et 30 bis. *Plasmolyse des cellules épidermiques de la feuille d'*Iris germanica.

Planches 31 et 31 bis. *Plasmolyse des cellules épidermiques de la feuille d'*Iris germanica.

Planches 32 et 32 bis. *Plasmolyse des cellules épidermiques de la feuille d'*Iris germanica.

Planches 33 et 33 bis. *Cellules du mésophylle des feuilles et des bractées d'*Iris germanica.

Planche 34. *Cellules épidermiques de la fleur d'*Iris germanica.

Planche 35. *Cellules épidermiques d'*Iris germanica *sur coupes fixées et colorées.*

Planches 36 et 36 bis. *Cellules épidermiques d'*Iris germanica.

Planches 37 et 37 bis. *Cellules épidermiques d'*Iris germanica.

Planches 38 et 38 bis. *Cellules épidermiques des fleurs d'*Iris.

Planches 39 et 39 bis. *Cellules épidermiques des pétales de diverses espèces de Lis et de Glaïeul.*

Planches 40 et 40 bis. *Cellules épidermiques de la fleur de Glaïeul et de Clivia.*

Planche 41. *Cellules de l'épicarpe du fruit d'*Asparagus officinalis.

Planches 42 et 42 bis. *Cellules de l'épicarpe du fruit d'*Asparagus officinalis.

Planches 43 et 43 bis. *Cellules de l'épicarpe du fruit d'*Arum italicum.

Planches 44 et 44 bis. *Cellules épidermiques des pétales d'*Amaryllis *et de Courge.*

Planches 45 et 45 bis. *Cellules de divers fruits et de fleurs de* Tropæolium, *de* Bégonia *et de* Canna.

---

# TABLE DES ARTICLES ORIGINAUX

## PAR NOMS D'AUTEURS

---

Bonnier (Gaston). Notice sur Viviand-Morel . . . . . . . . . 5

Carpentier (A.). Notes paléophytologiques sur le Carbonifère du bassin de la Basse-Loire . . . . . . . . . . . . . . 81

Cebrian de Besteiro (Mme Dolorès) et M. Michel-Durand. Influence de l'éclairement sur l'absorption du glucose par les racines des plantes supérieures . . . . . . . . . . . . . 94

Colin (H.). L'inuline chez les végétaux. — Genèse et transformation 75, 179, 229, 277

Coupin (Henri). Sur le montage de quelques préparations microscopiques . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 109

Denis (Marcel). Recherches anatomiques sur quelques plantes littorales de Madagascar . . . . . . . . . . . . 33, 115, 129

Douin (Ch.) et L. Trabut. Deux Hépatiques peu connues . . . . 321

Friedel (Jean). Notice sur Charles-Louis Gatin . . . . . . . 65

Gagnepain (F.). Edouard Bureau, sa vie et son œuvre . . . . . 209

Gatin (Mme Valentine-Charles). Recherches anatomiques sur les variations du *Paris quadrifolia* L . . . . . . . . . . 329, 353

Guillaumin (A.). Notes de Paléobotanique néo-calédonienne . . . 273

Guilliermond (A.). Observations vitales sur le chondriome des végétaux et recherches sur l'origine des chromoplastides et le mode de formation des pigments xanthophylliens et carotiniens. Contribution à l'étude physiologique de la cellule. 372, 446, 532. . 635

Michel-Durand (Emile). Variation des substances hydrocarbonées dans les feuilles . . . . . . . . . . 10, 53, 143, 196, 251, 287

Michel-Durand (Emile). Voyez Cebrian de Besteiro).

Nicolas (G.). Contribution à l'étude des relations qui existent dans les feuilles entre la respiration et la présence de l'anthocyane . 161

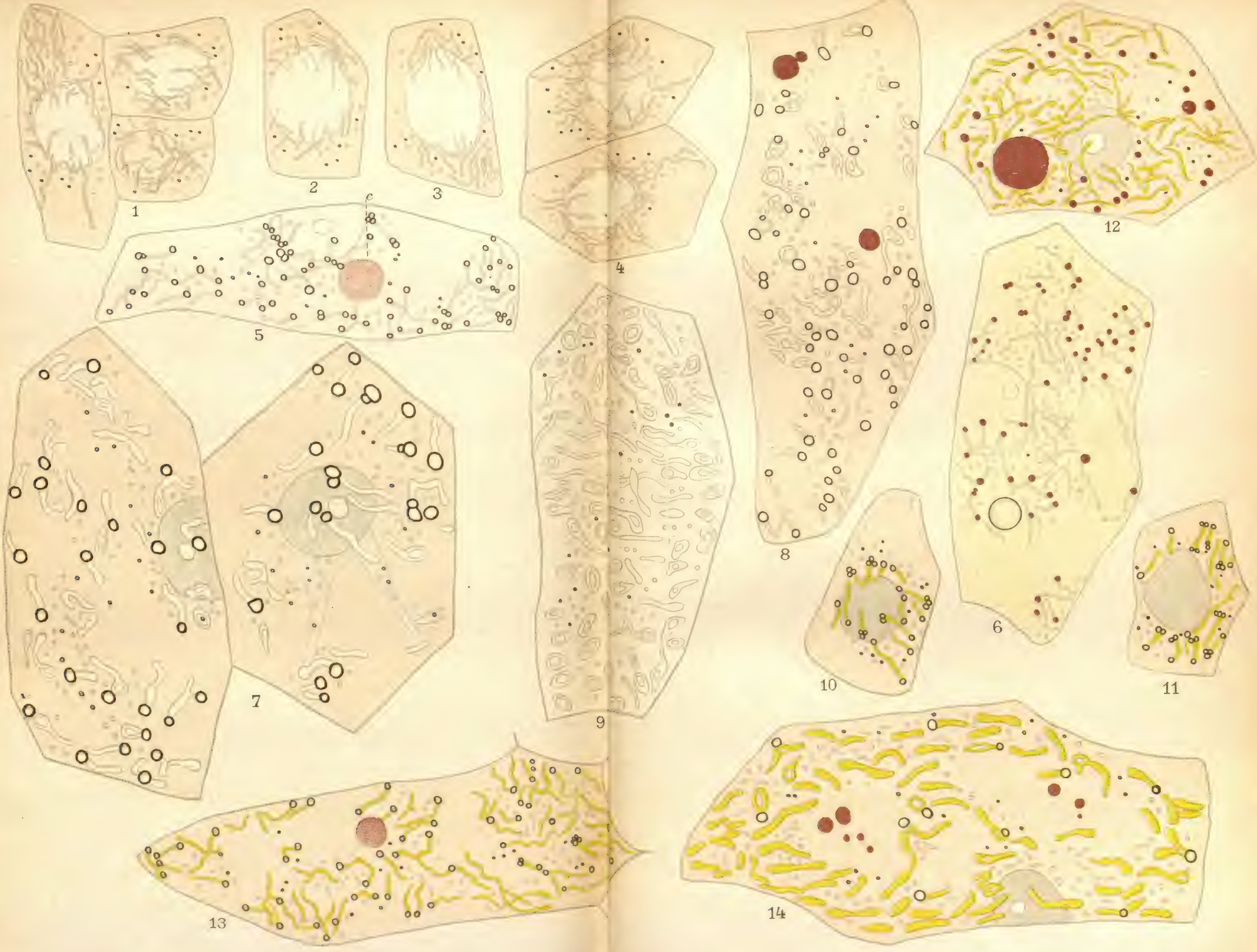
Rigotard (Marcel). Notes d'herborisation au Maroc. . . . . . . 417

Sprecher (Andreas). Etude sur la semence et la germination du *Garcinia Mangostana* L . . . . . . . . . . . . . . 513, 609

Tison (A.). Sur le suspenseur du *Trapa natans* L . . . . . . . 219

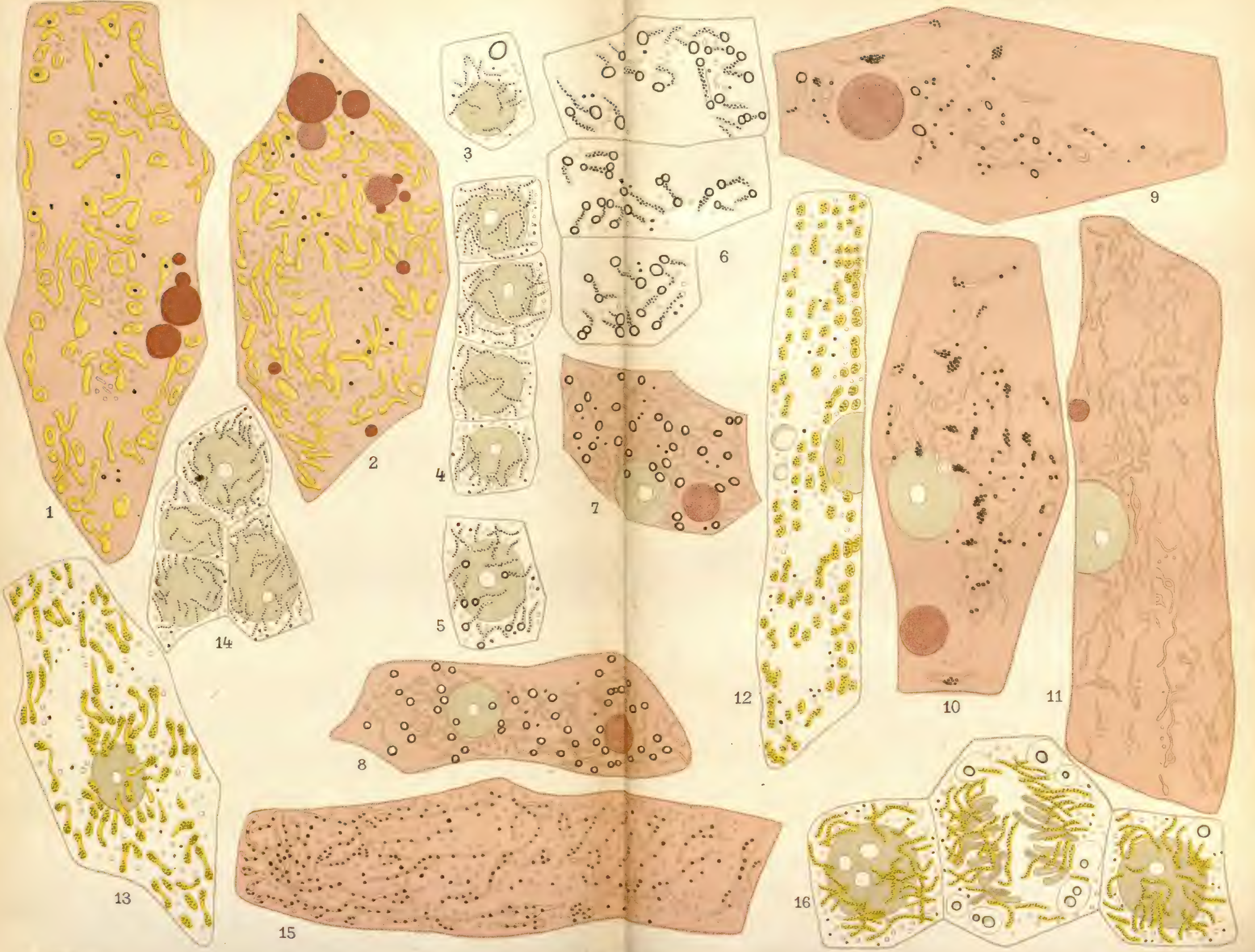
Trabut (L.). (Voyez Douin Ch.).

Nemours.— Imp. Henri Bouloy. *Le Gérant :* Henri Bouloy

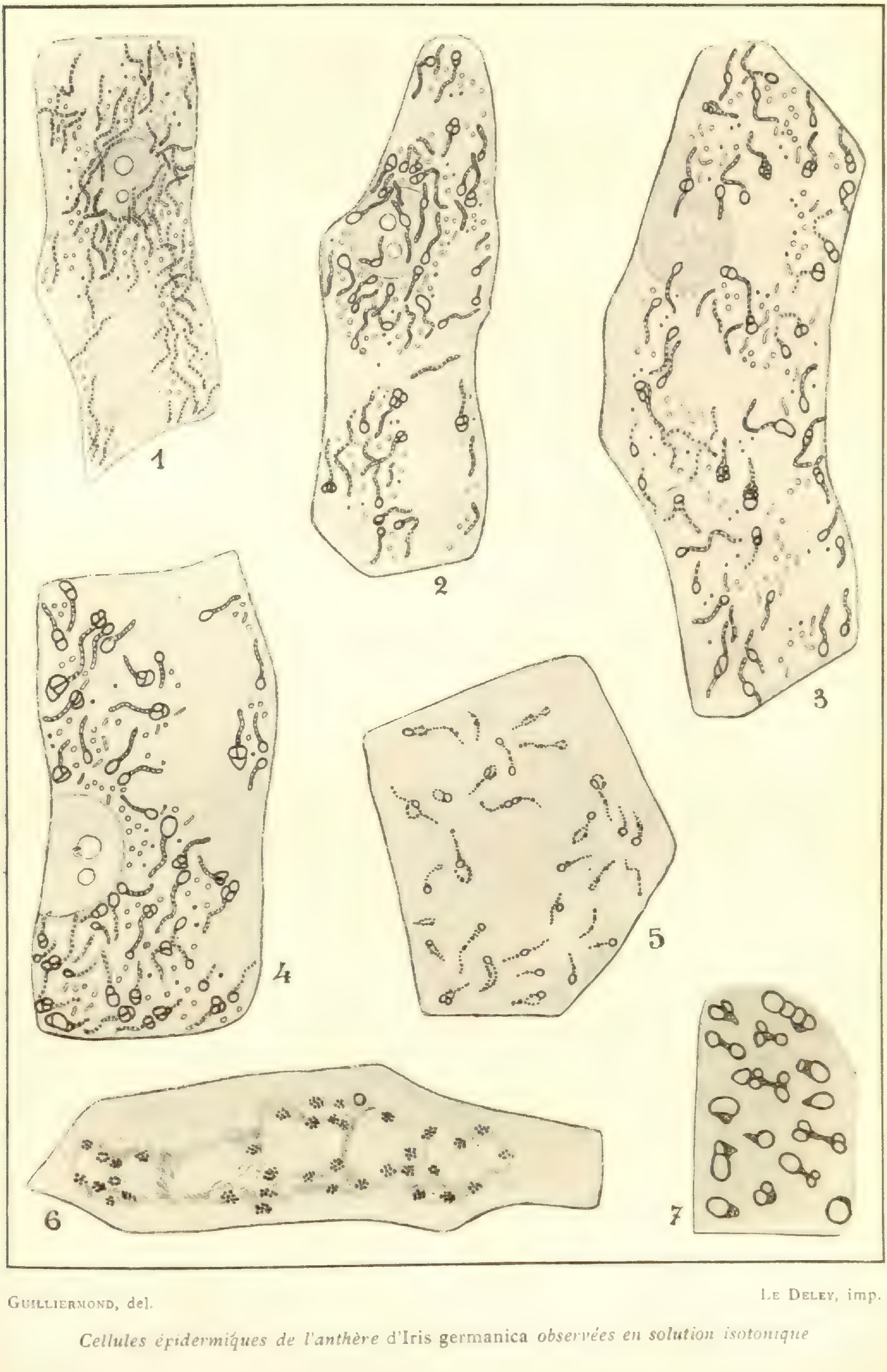

1
2
3
4
c
5
12
8
6
7
9
10
11
13
14

Guilliermond del. L. Lafontaine imp. Bousgontier lith.

CELLULES ÉPIDERMIQUES DES PÉTALES D'IRIS GERMANICA EN SOLUTION ISOTONIQUE

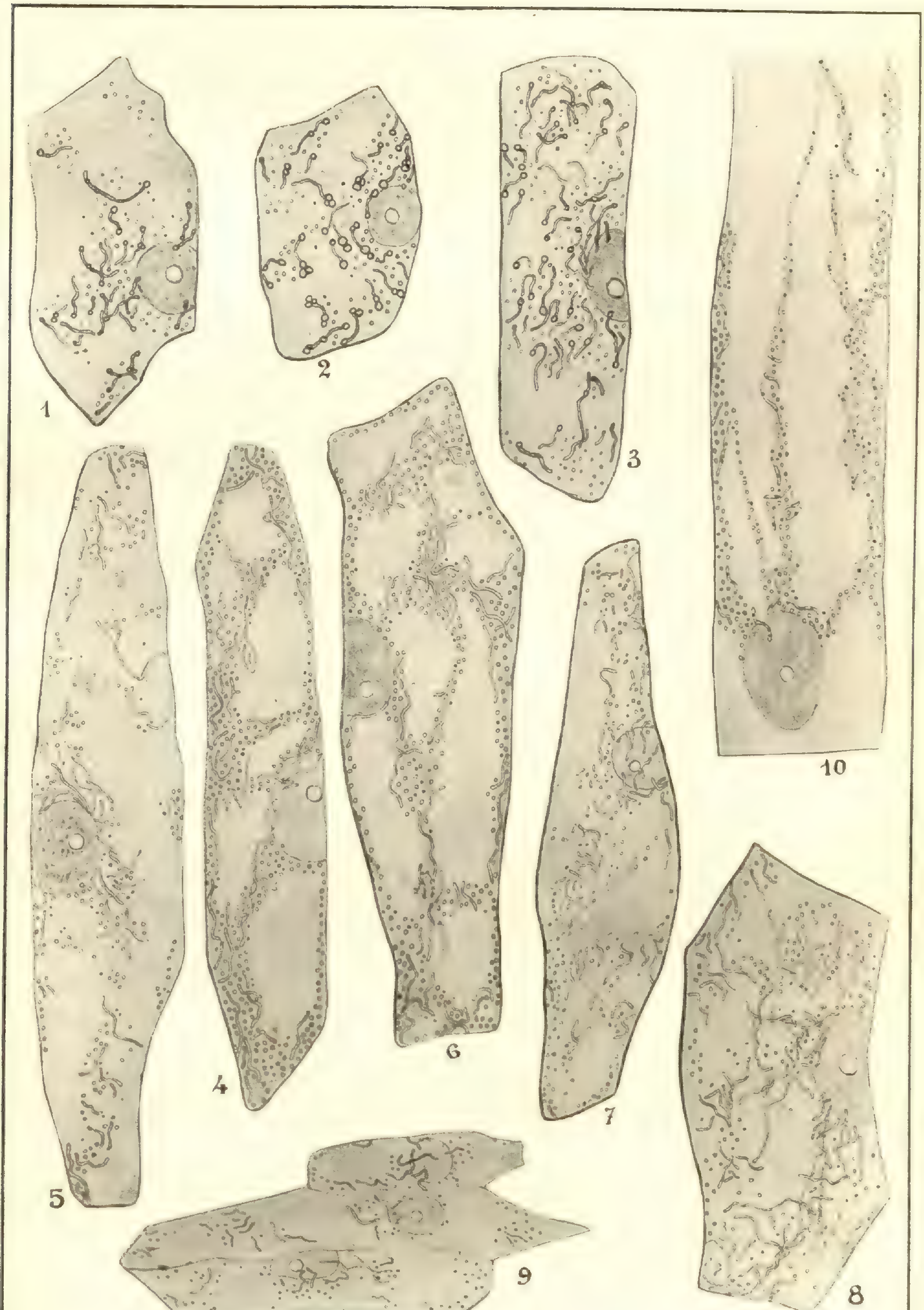

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16

Guilliermond del.
J. Lafontaine imp.
Boisgontier lith.



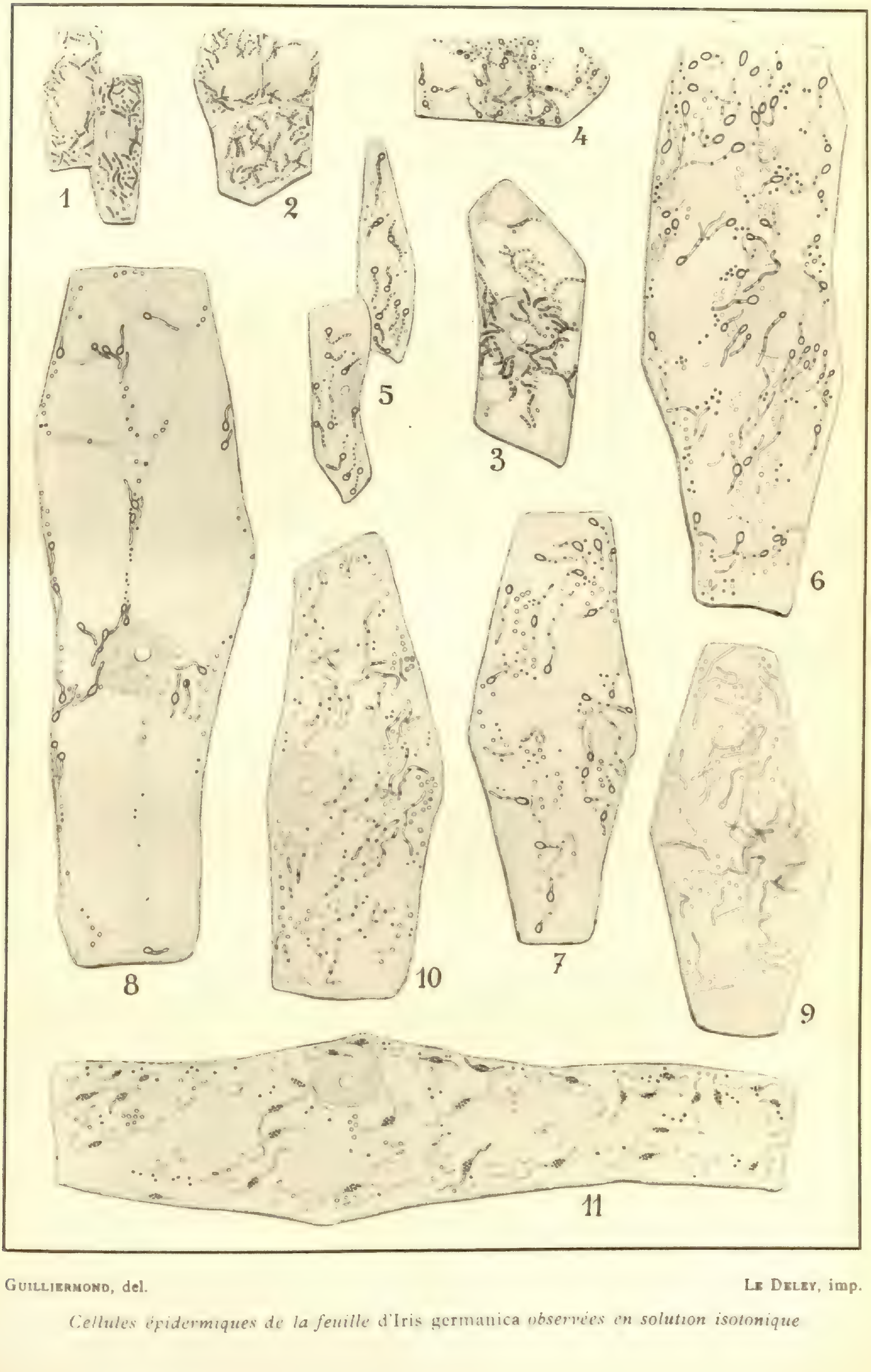
GUILLIERMOND, del. LE DELEY, imp.

*Cellules épidermiques de l'anthère* d'Iris germanica *observées en solution isotonique*



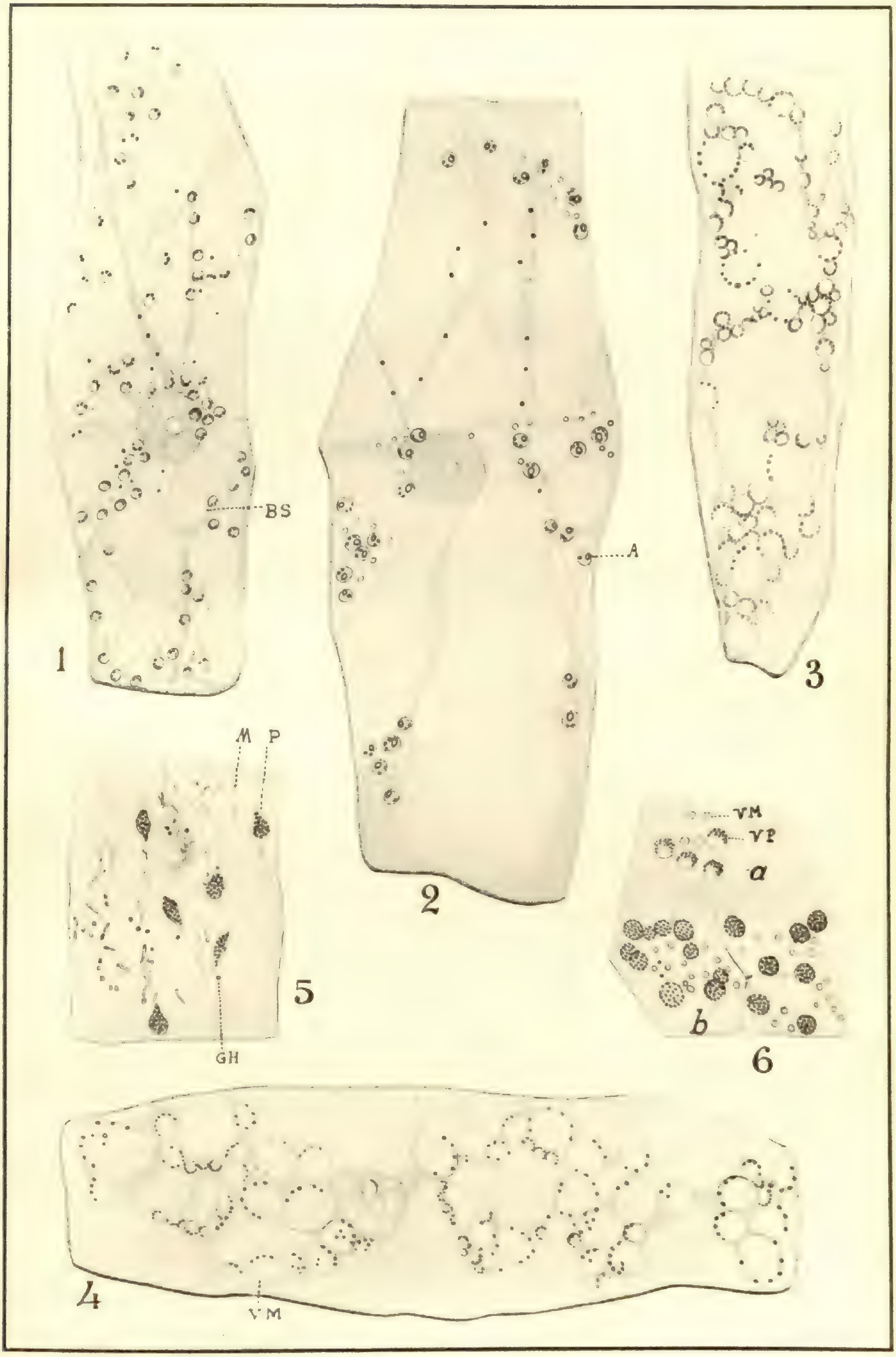
GUILLIERMOND, del. LE DELEY, imp.

*Cellules épidermiques des bractées* d'Iris germanica *observées en solution isotonique*



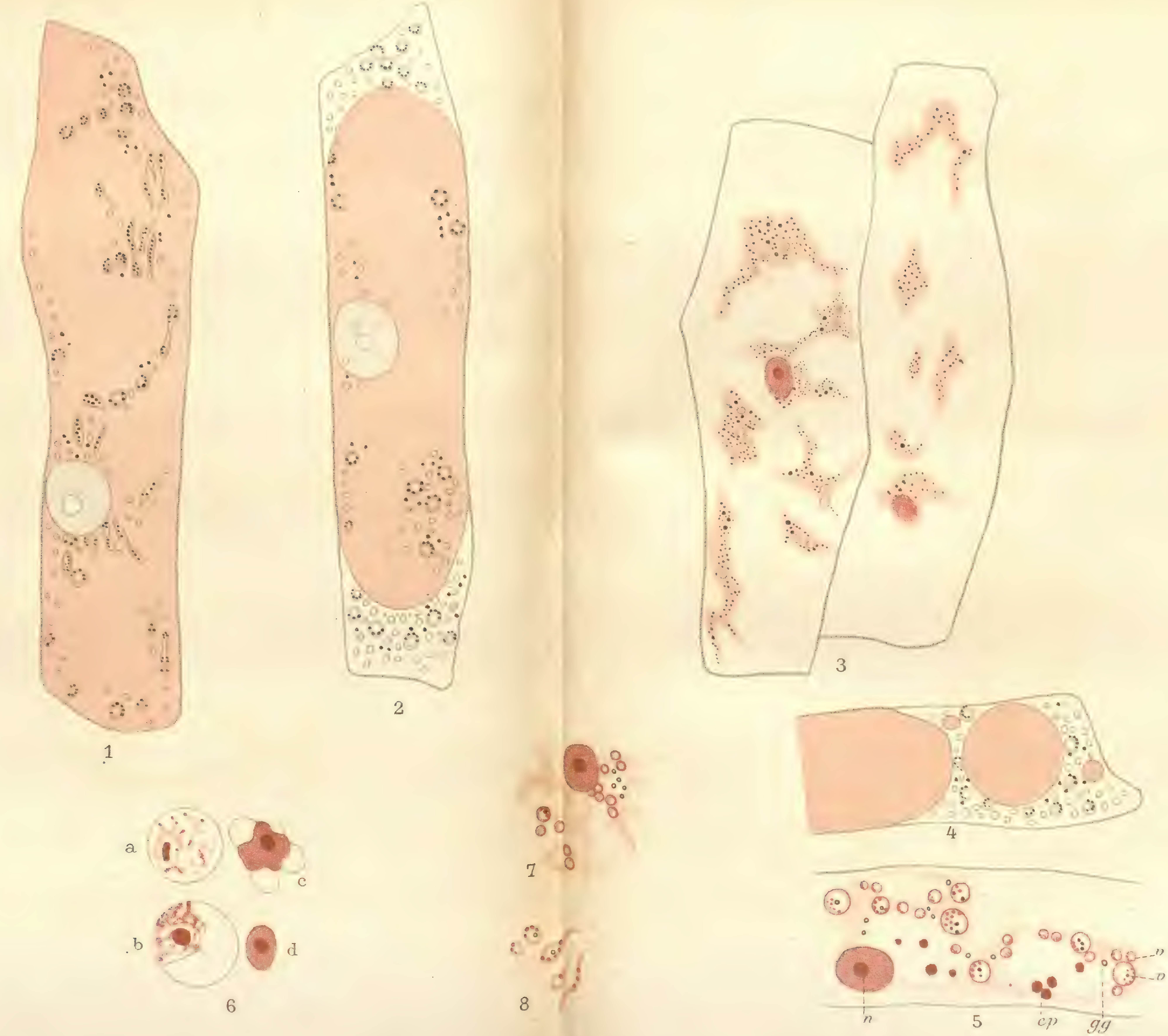
GUILLIERMOND, del. LE DELEY, imp.

*Cellules épidermiques de la feuille* d'Iris germanica *observées en solution isotonique*


BS
1
A
2
3
M
P
GH
5
VM
VP
a
b
6
4
VM

Guilliermond, del. | Le Deley, imp.

*Altérations des cellules épidermiques de la feuille* d'Iris germanica *en solution hypotonique*

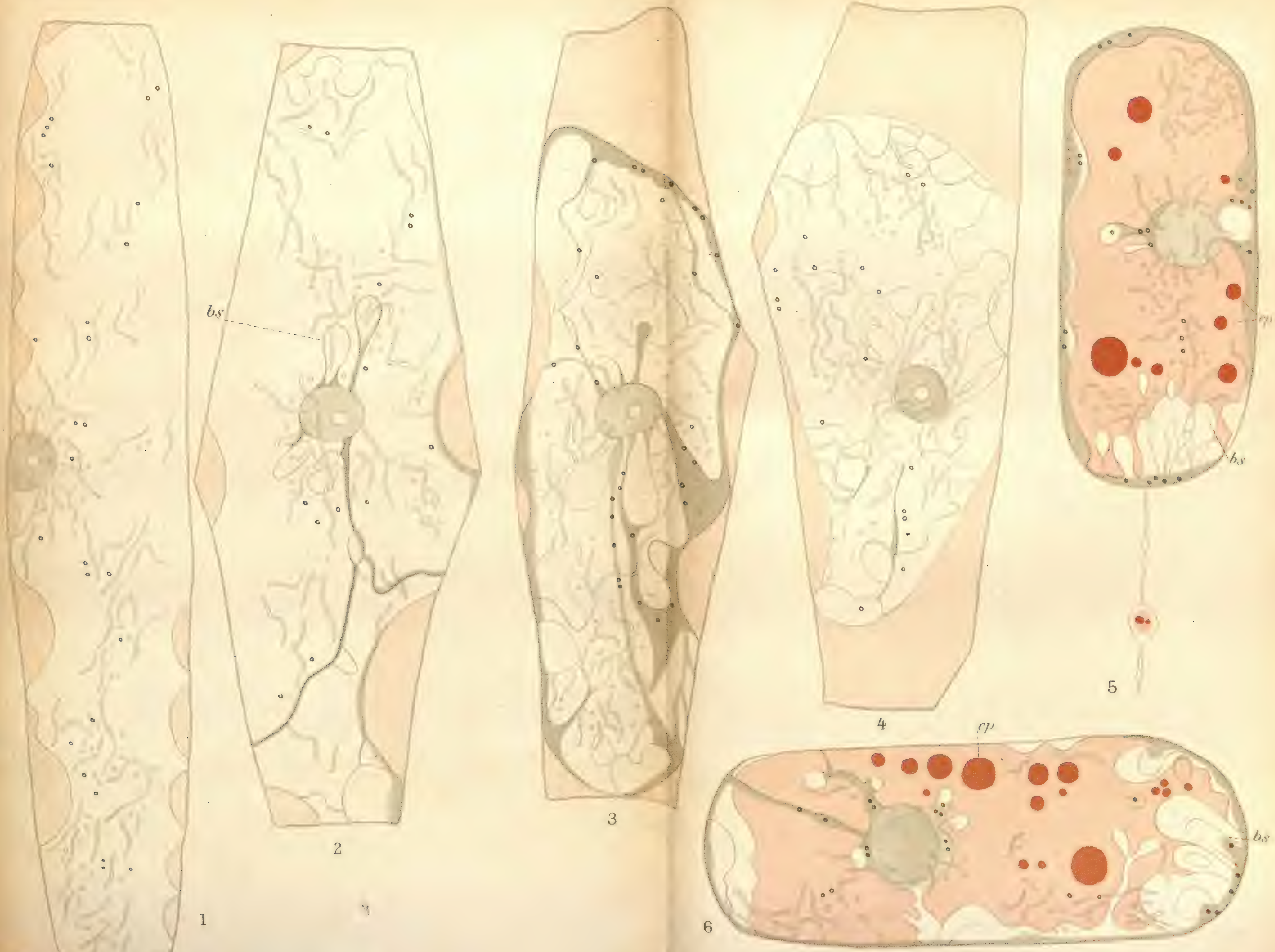

1
2
3
4
5
6
7
8
a
b
c
d
n
cp
gg
n
v c

Guilliermond del

L. Lafontaine imp

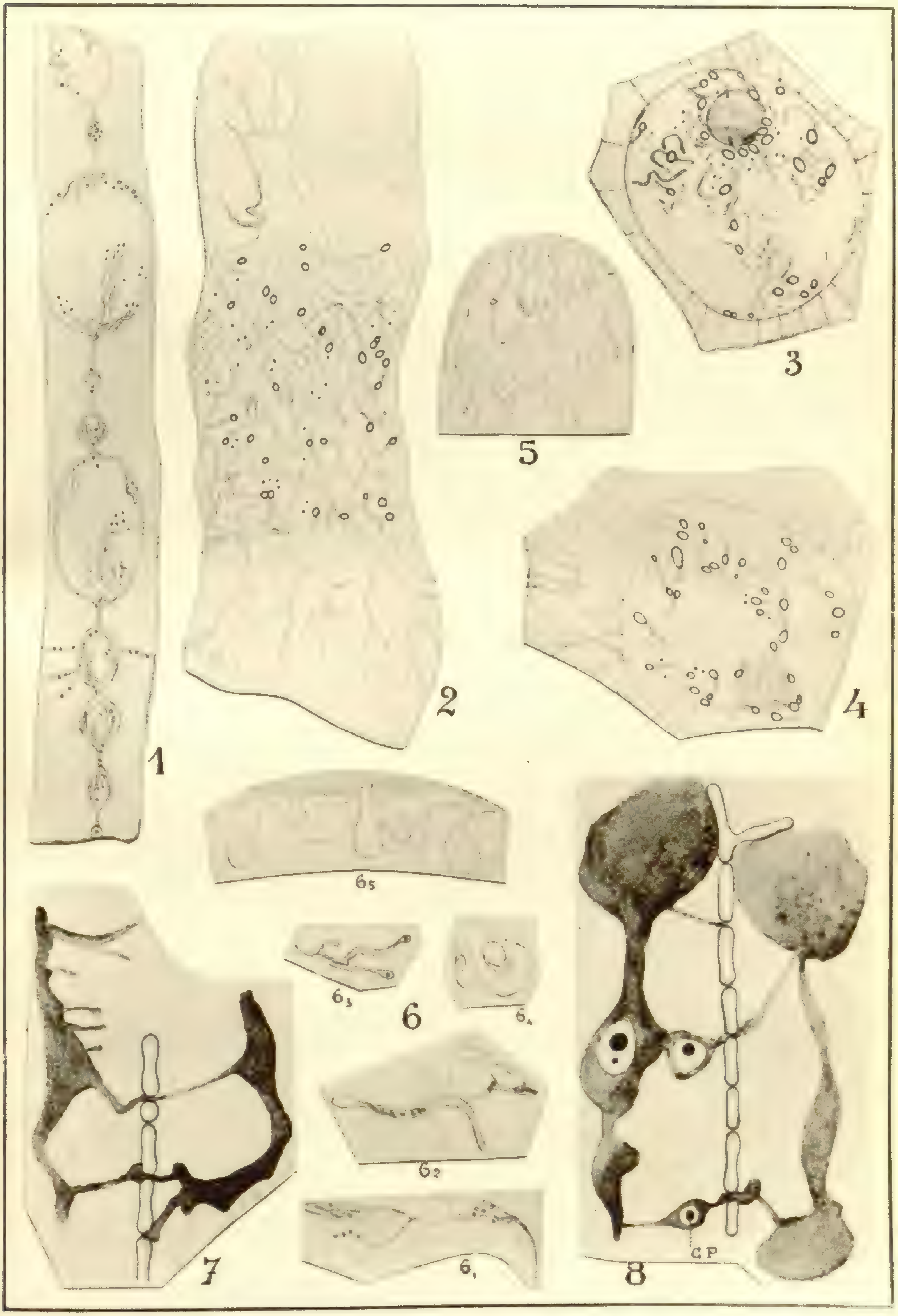
Boisgontier lith

ALTÉRATIONS DES CELLULES ÉPIDERMIQUES DES BRACTÉES D'IRIS GERMANICA EN MILIEU HYPOTONIQUE


bs
1
2
3
4
cp
bs
5
cp
bs
6

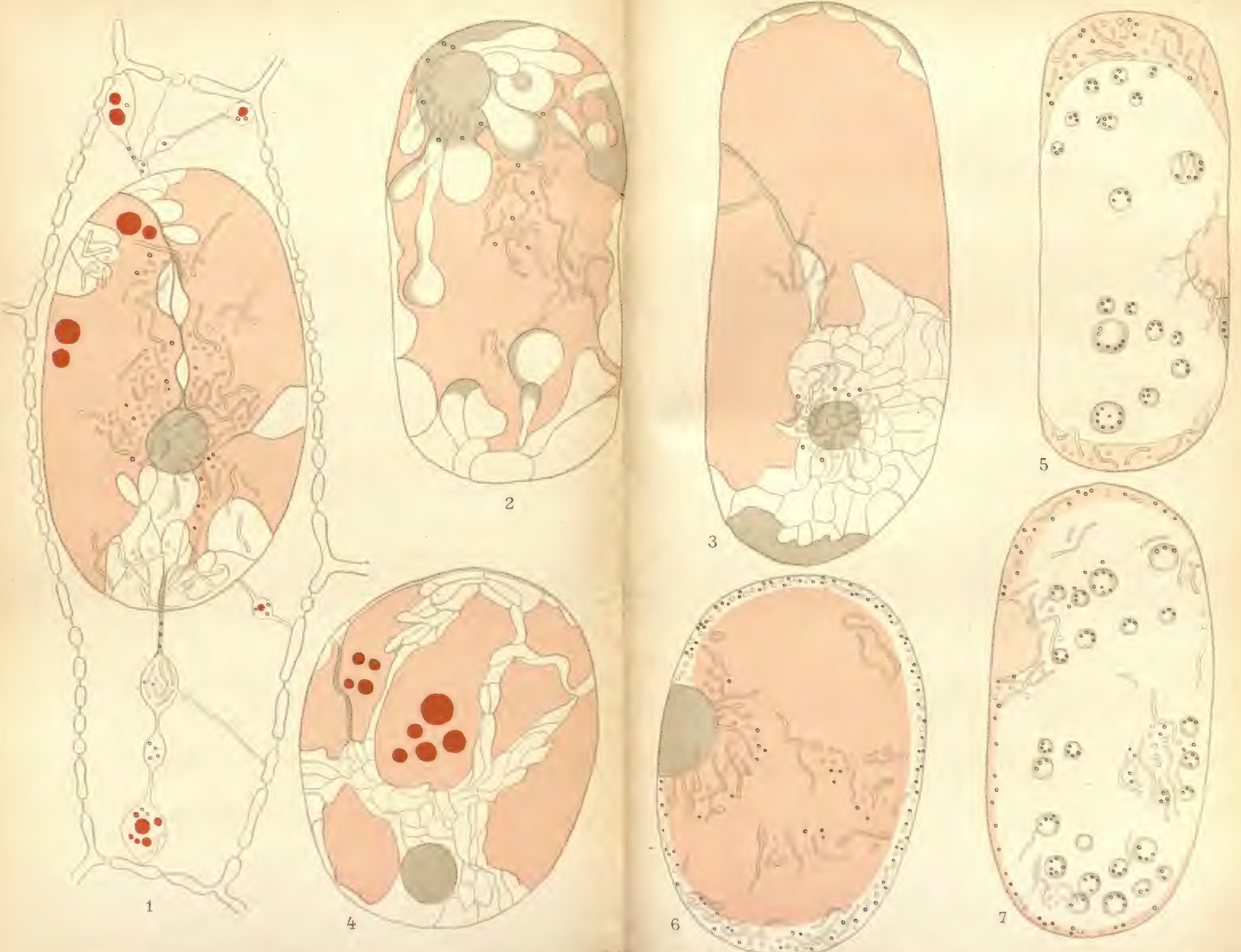
Guilliermond del.
I. Lafontaine imp.
Bougonlier lith

PLASMOLYSE DES CELLULES ÉPIDERMIQUES DE LA FEUILLE D'IRIS GERMANICA


1
2
3
5
4
$6_5$
$6_3$
6
$6_4$
$6_2$
$6_1$
7
8
CP

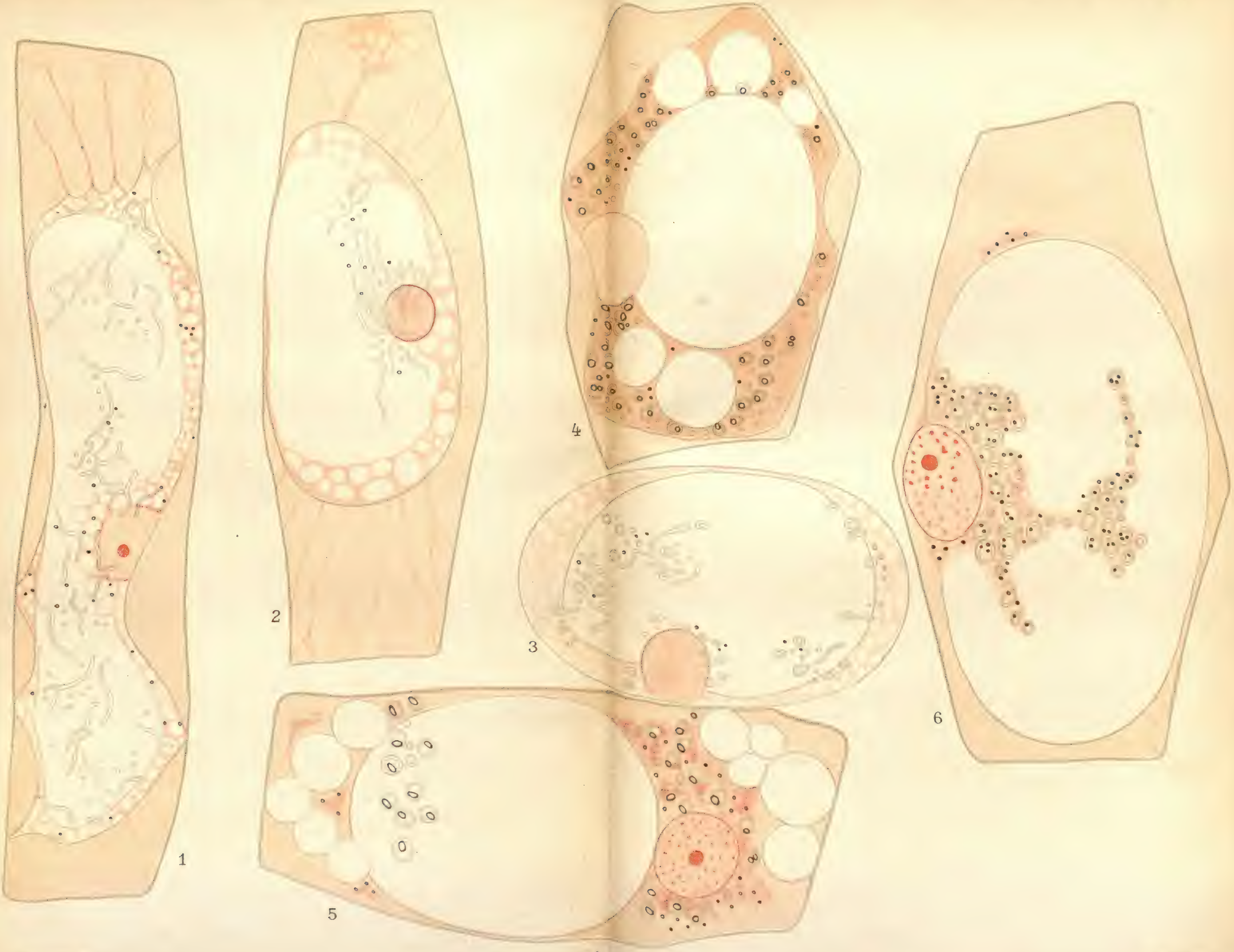
GUILLIERMOND, del. LE DELEY, imp.

*Plasmolyse des cellules épidermiques de la feuille* d'Iris germanica



Guilliermond del.
L. Lafontaine imp.
Boisgontier lith.

PLASMOLYSE DES CELLULES ÉPIDERMIQUES DE LA FEUILLE D'IRIS GERMANICA

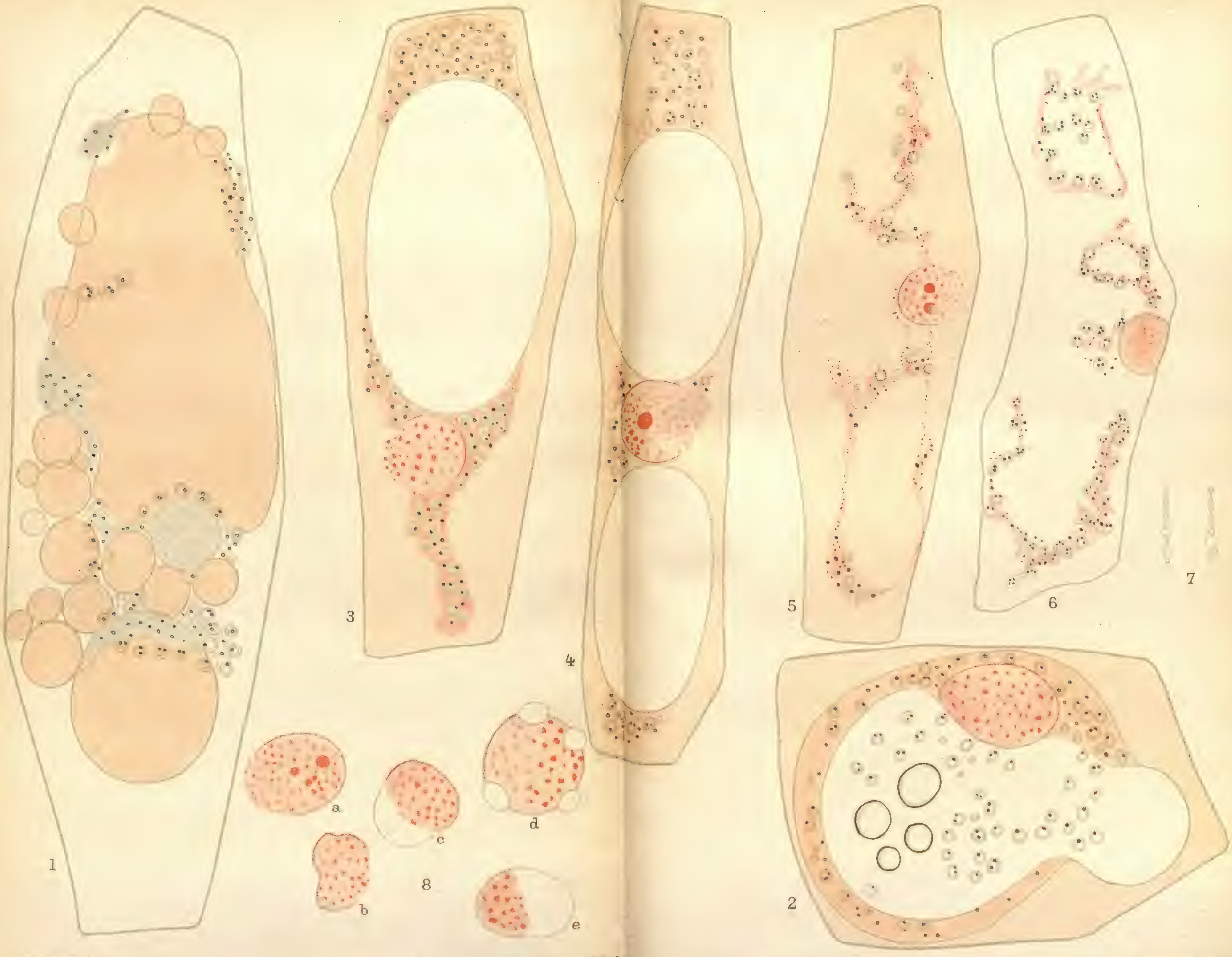


Guilliermond del.

L. Lafontaine imp.

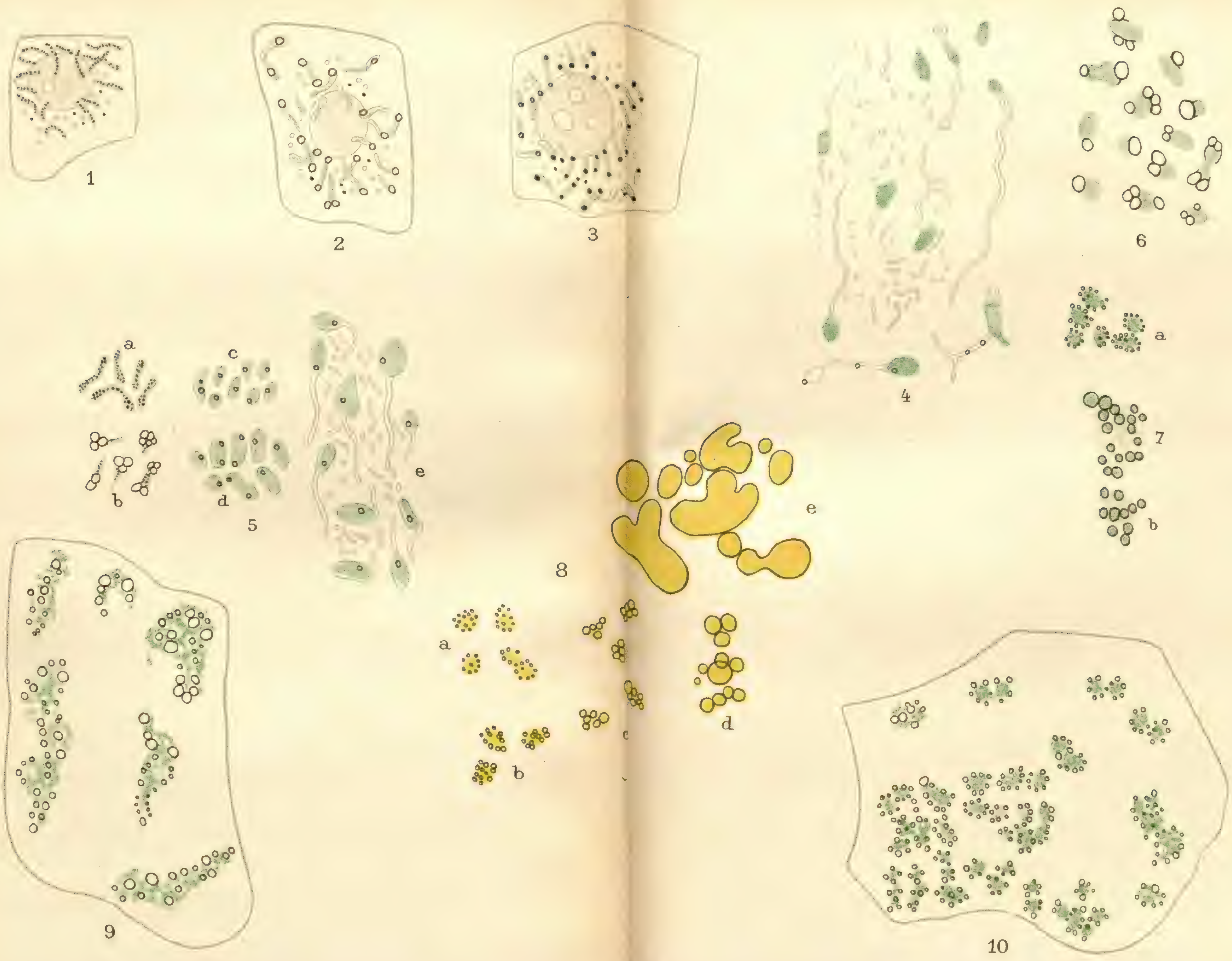
Bourgontier lith.

PLASMOLYSE DES CELLULES ÉPIDERMIQUES DE LA FEUILLE D'IRIS GERMANICA



Guilliermond del.
L. Lafontaine imp
Boisgontier lith.

PLASMOLYSE DES CELLULES ÉPIDERMIQUES DE LA FEUILLE D'IRIS GERMANICA

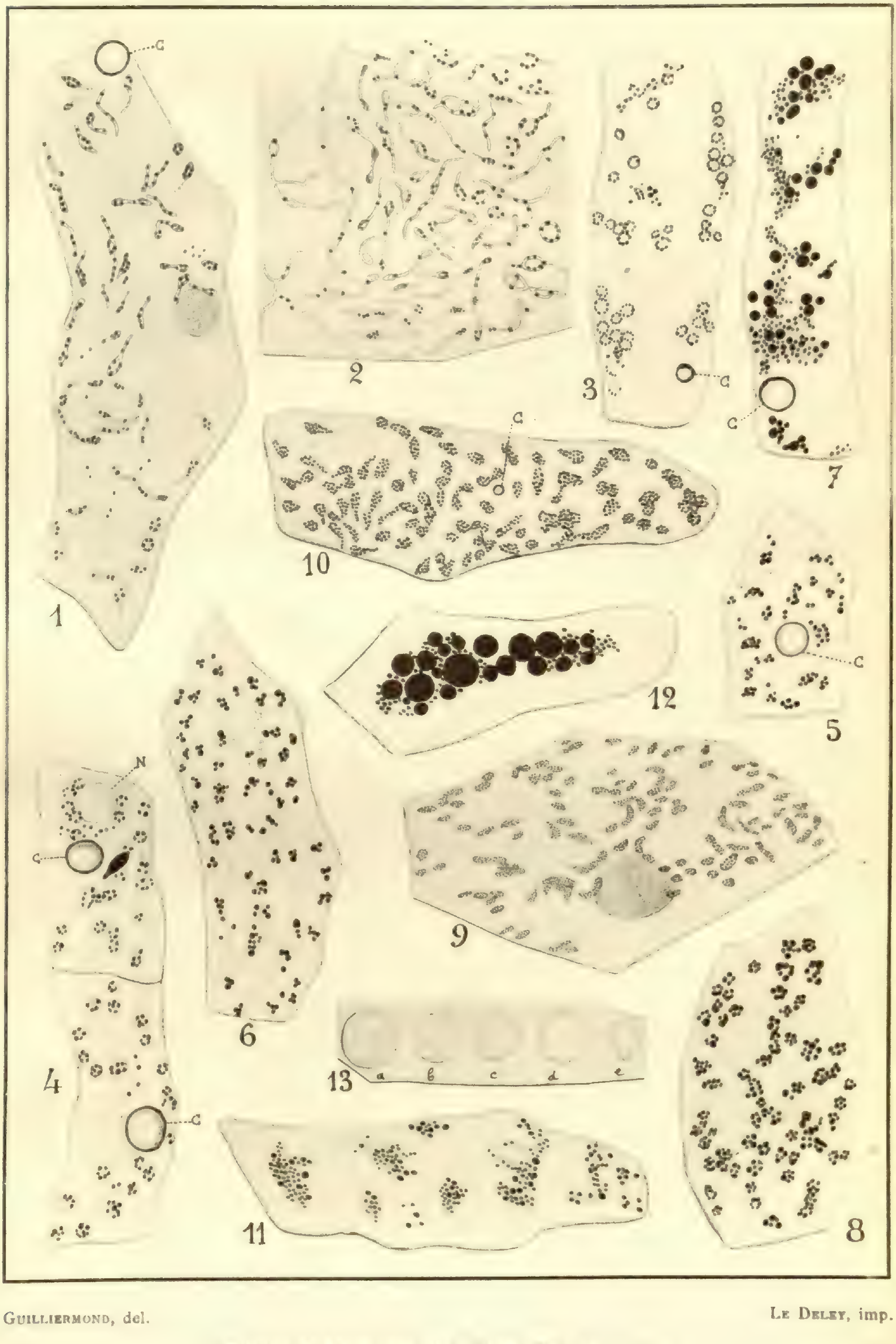

1
2
3
4
6
a
b
5
c
d
e
a
7
b
e
8
a
b
c
d
9
10

Guilliermond del.

L. Lafontaine imp.

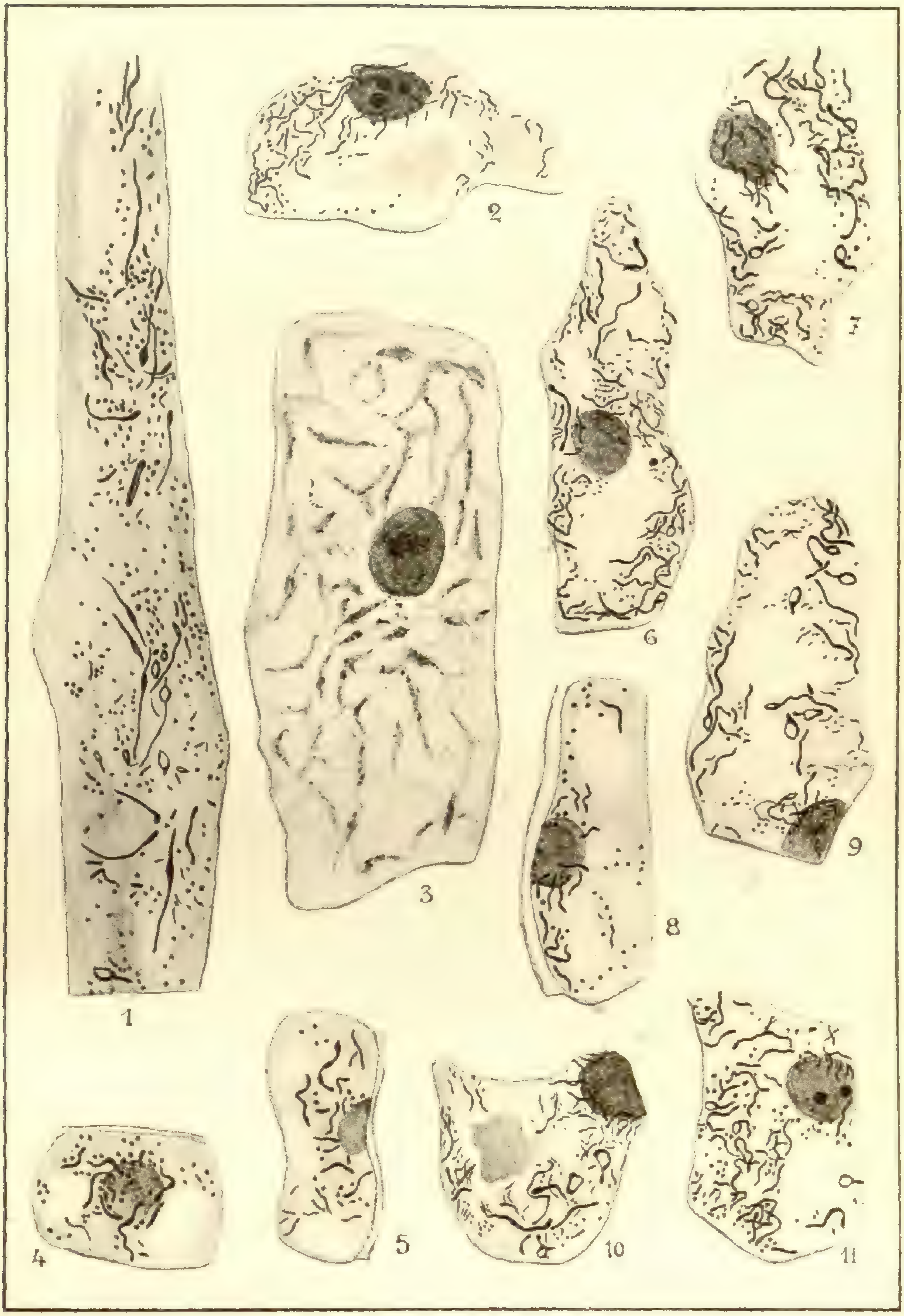
Boisgontier lith.

CELLULES DU MÉSOPHYLLE DES FEUILLES ET DES BRACTÉES D'IRIS GERMANICA


c
1
2
3
c
7
c
c
10
12
5
c
N
c
6
9
4
c
13
a
b
c
d
e
11
8

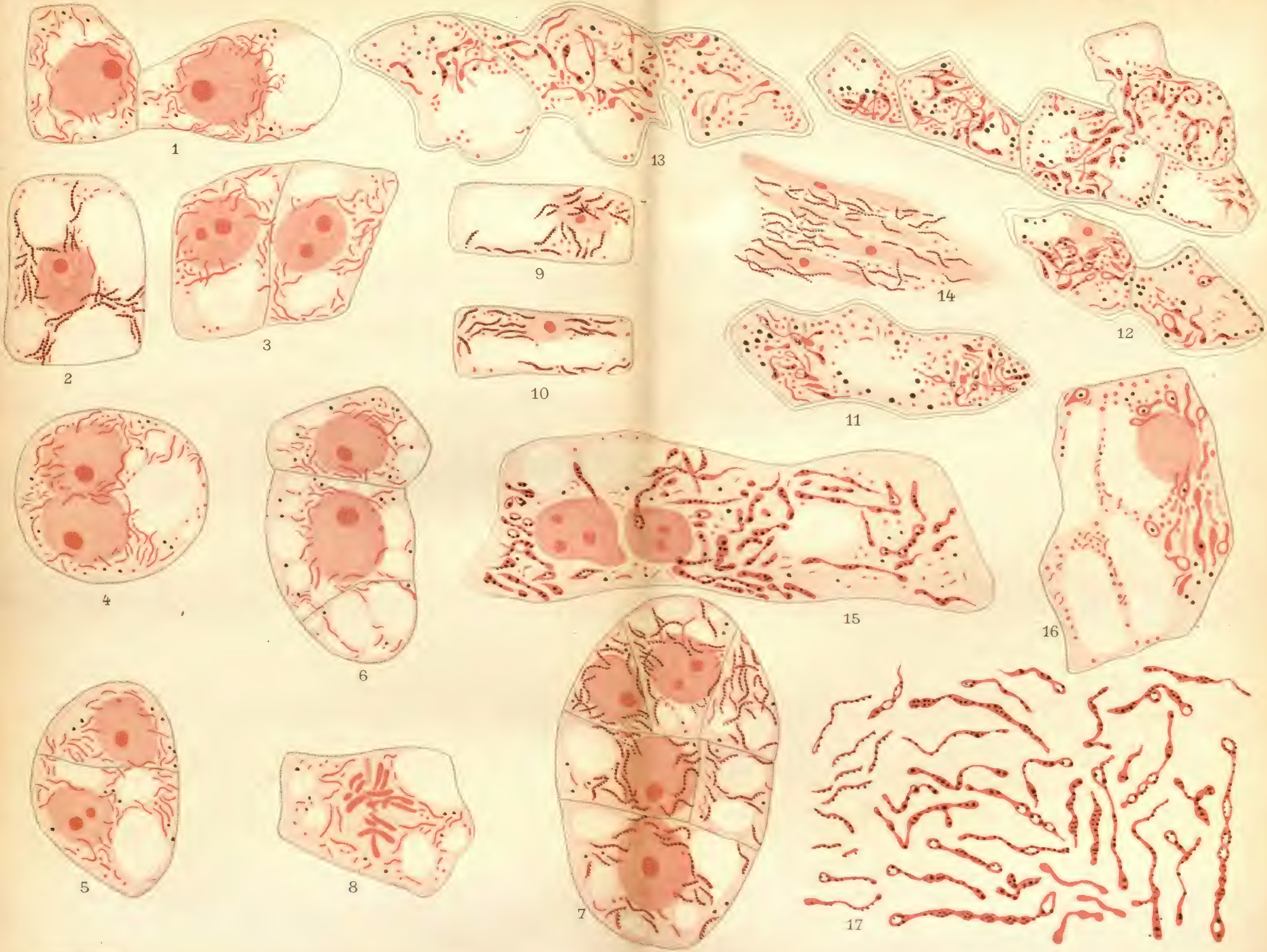
Guilliermond, del. Le Deley, imp.

Cellules épidermiques de la fleur d'Iris germanica



**Guilliermond**, del. **Le Deley**, imp.

*Cellules épidermiques* d'Iris germanica *sur coupes fixées et colorées*

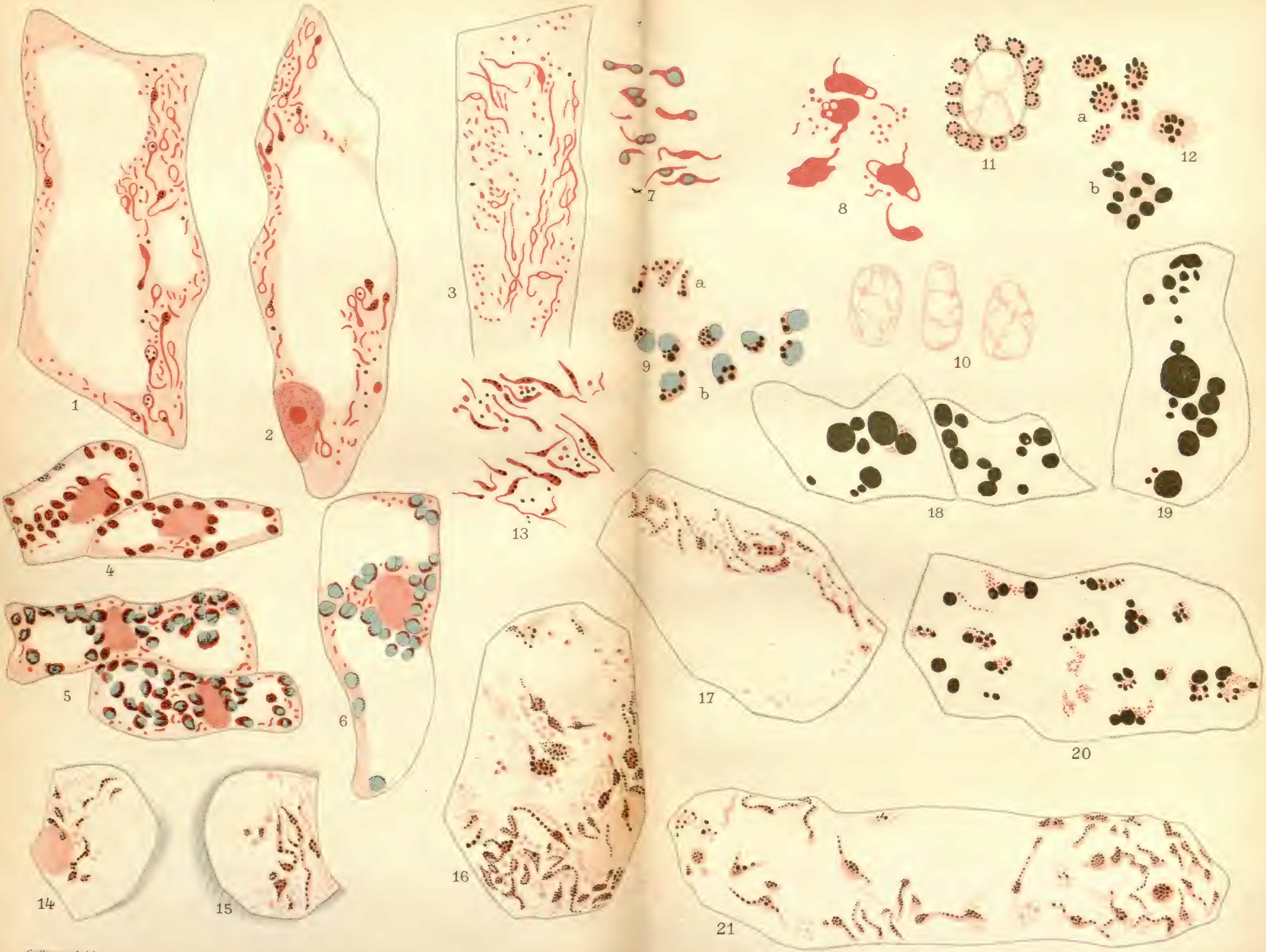

1
13
2
3
9
14
12
10
11
4
6
15
16
5
8
7
17

Guilliermond del.

L. Lafontaine imp

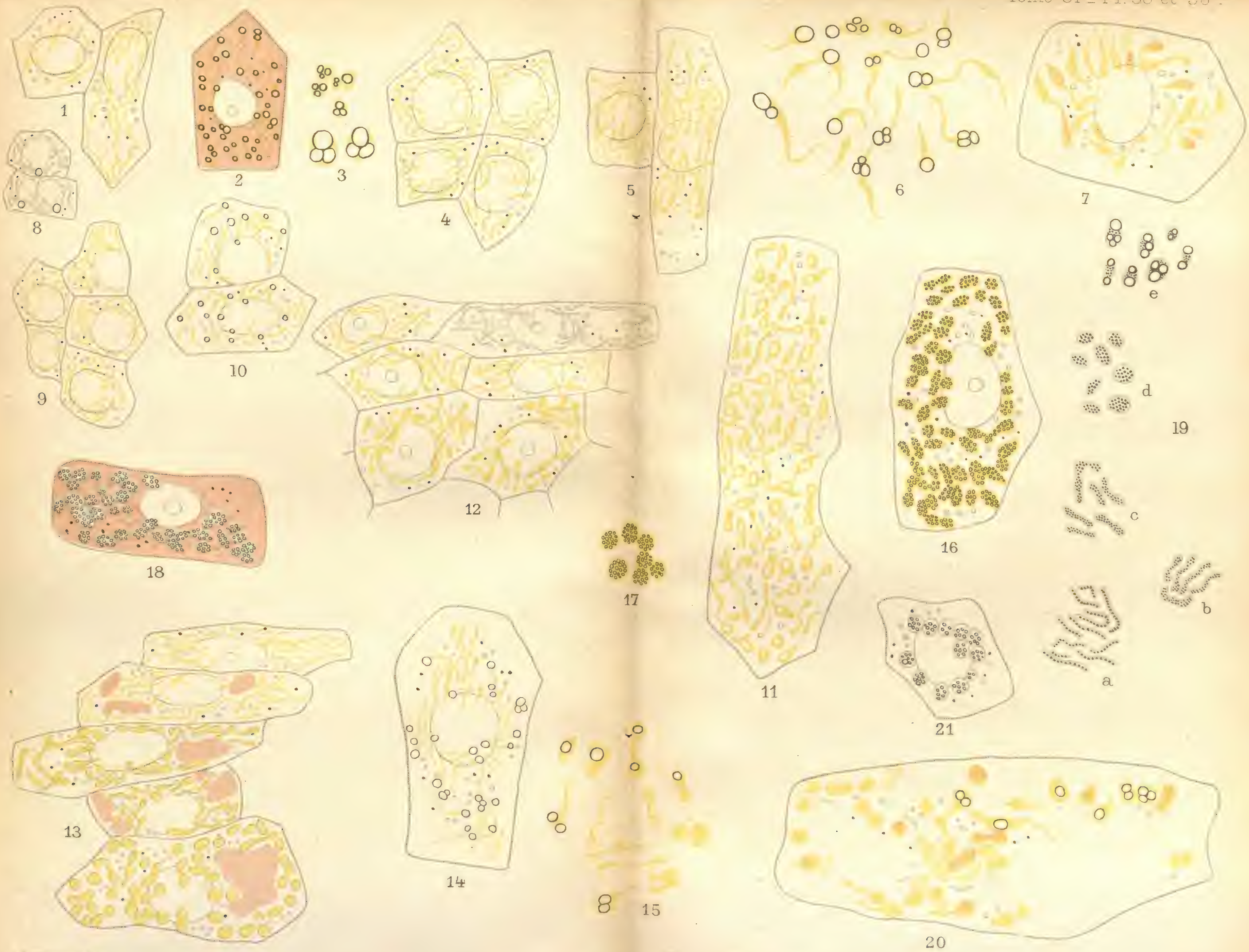
Boisgontier lith

CELLULES ÉPIDERMIQUES D'IRIS GERMANICA


1
2
3
7
8
11
a
12
b
a
9
b
10
13
4
18
19
5
6
17
20
14
15
16
21

Guilliermond del.
L. Lafontaine imp.
Bougoutier lith.

CELLULES ÉPIDERMIQUES D'IRIS GERMANICA

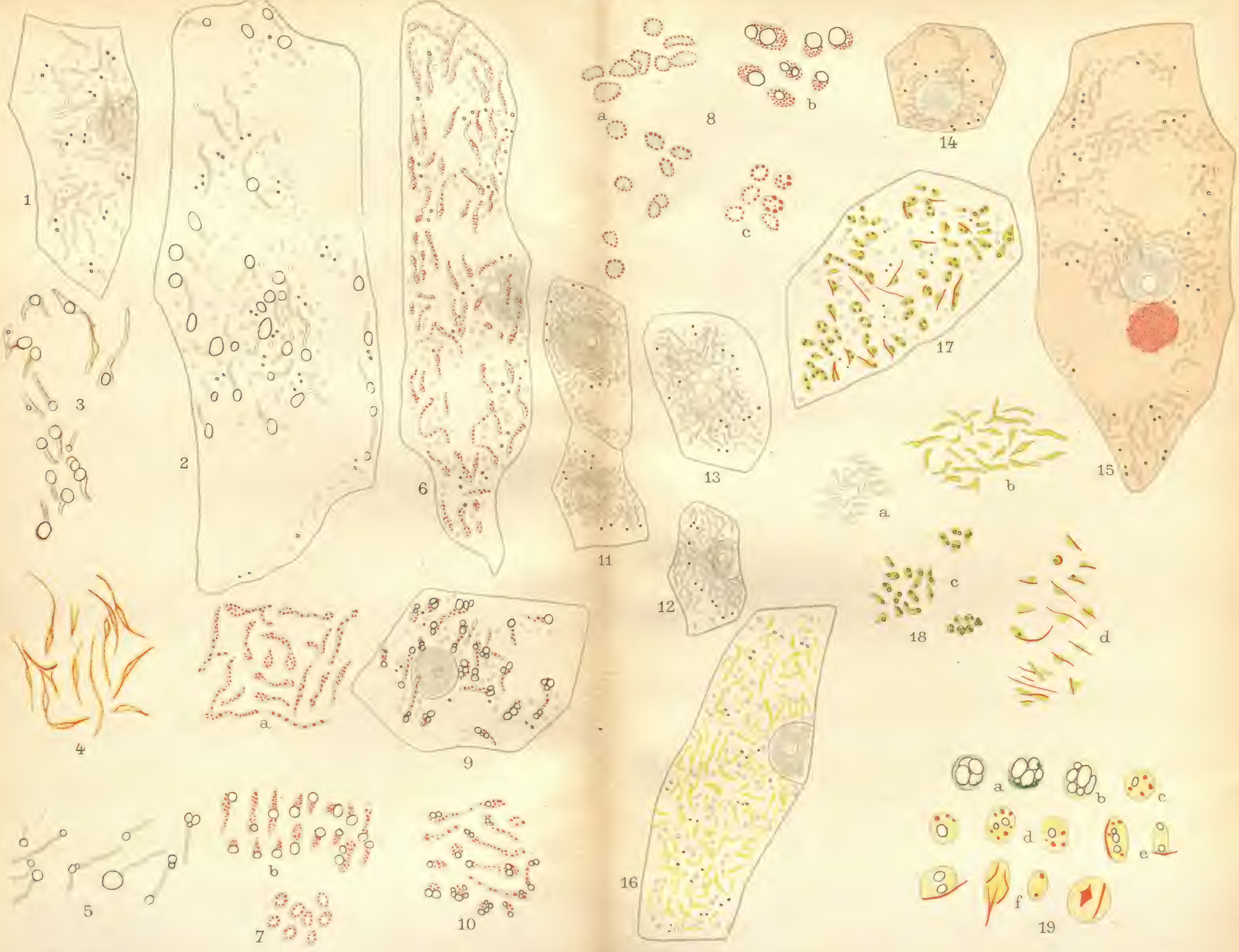

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
a
b
c
d
e
20
21

Guilliermond del.

I. Lafontaine imp.

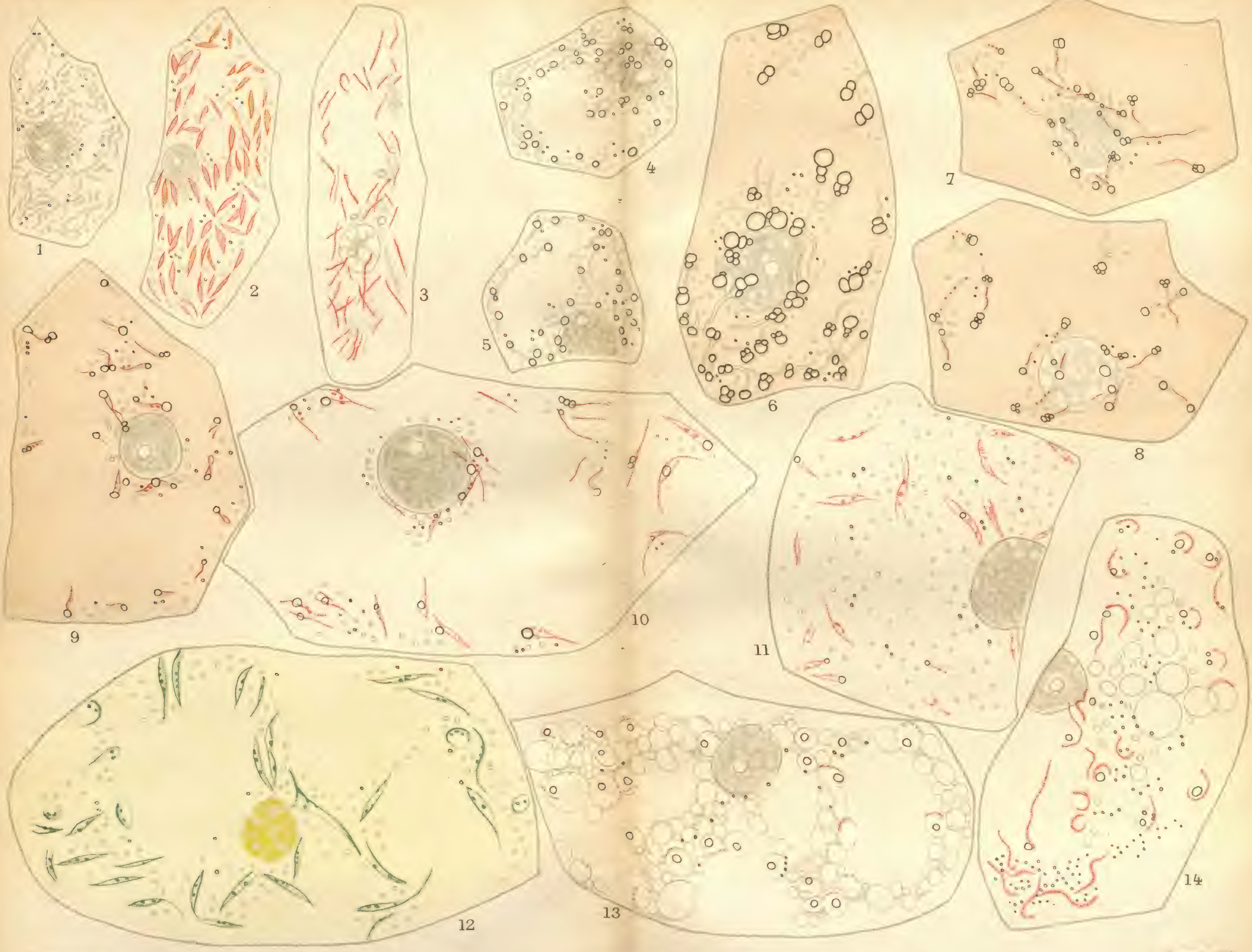
Bessgoutier lith.

CELLULES ÉPIDERMIQUES DES FLEURS D'IRIS


1
2
3
4
a
5
b
7
6
9
10
8
a
b
c
11
12
13
14
15
16
17
a
b
18
c
d
19
a
b
c
d
e
f

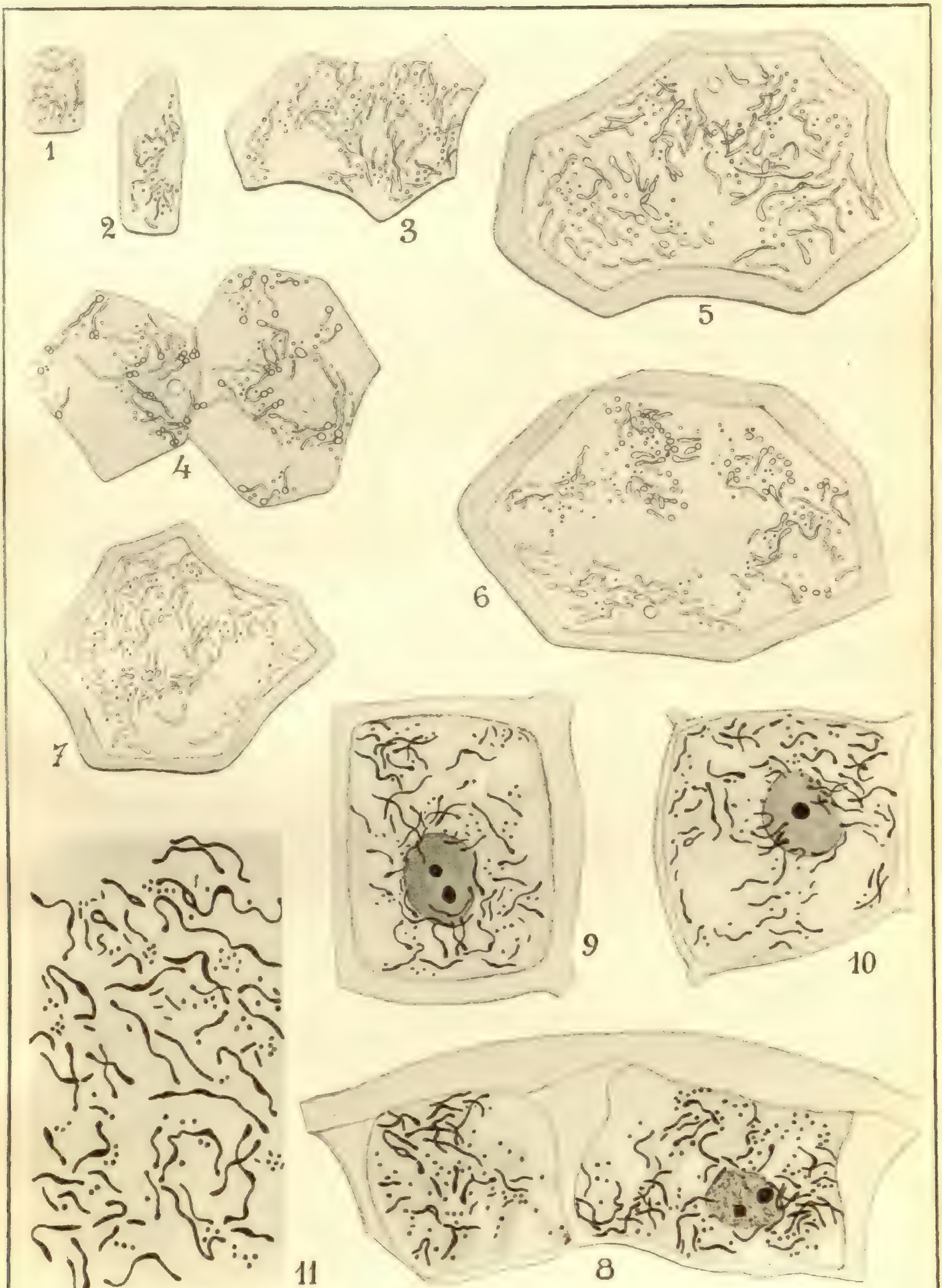
Guilliermond del.    L. Lafontaine imp.    Bougontier lith.

CELLULES ÉPIDERMIQUES DES PÉTALES DE DIVERSES ESPÈCES DE LIS ET DE GLAIEUL


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14

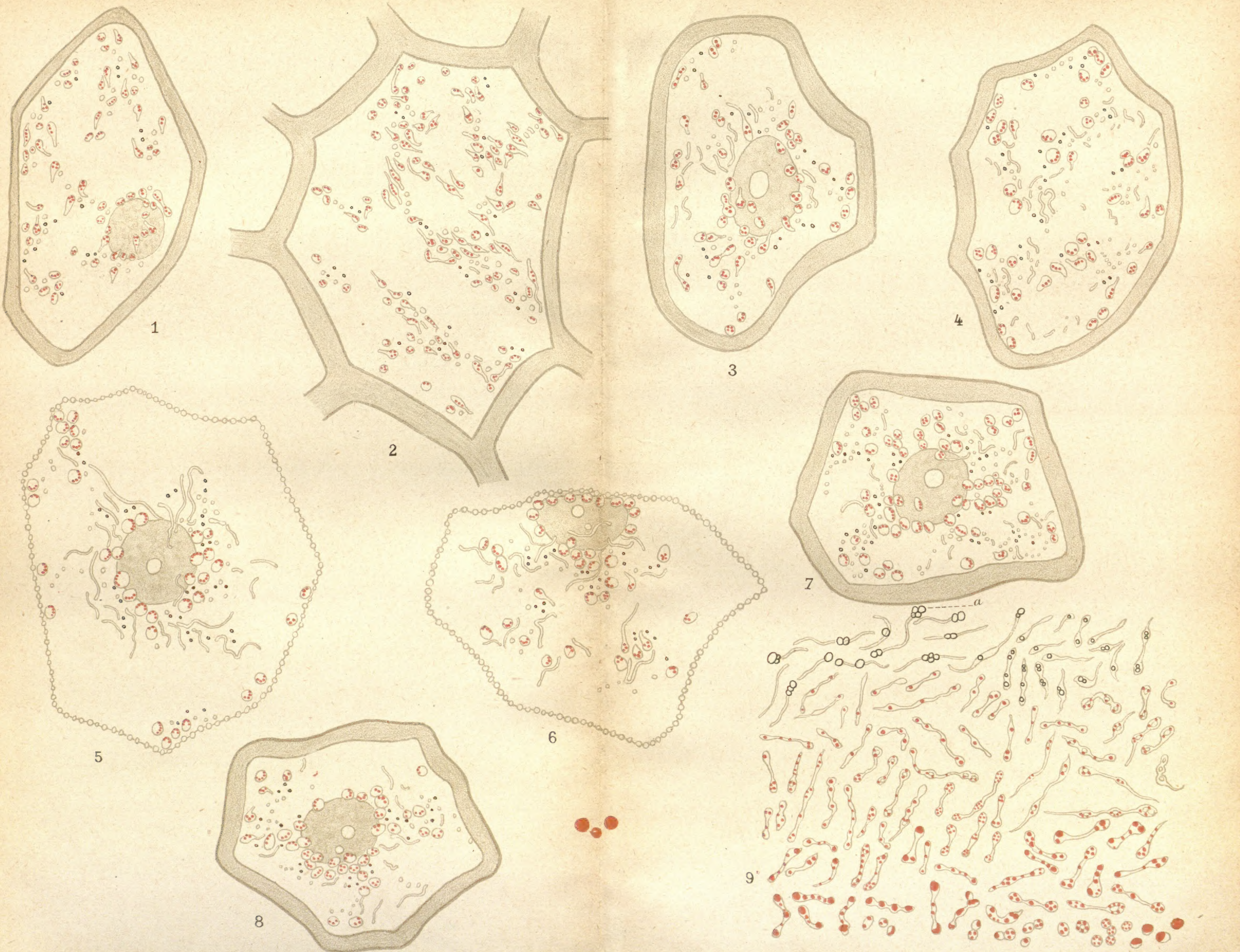
Guilliermond del.
L. Lafontaine imp.
Bourgontier lith.

CELLULES ÉPIDERMIQUES DE LA FLEUR DE GLAÏEUL ET DE CLIVIA


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11

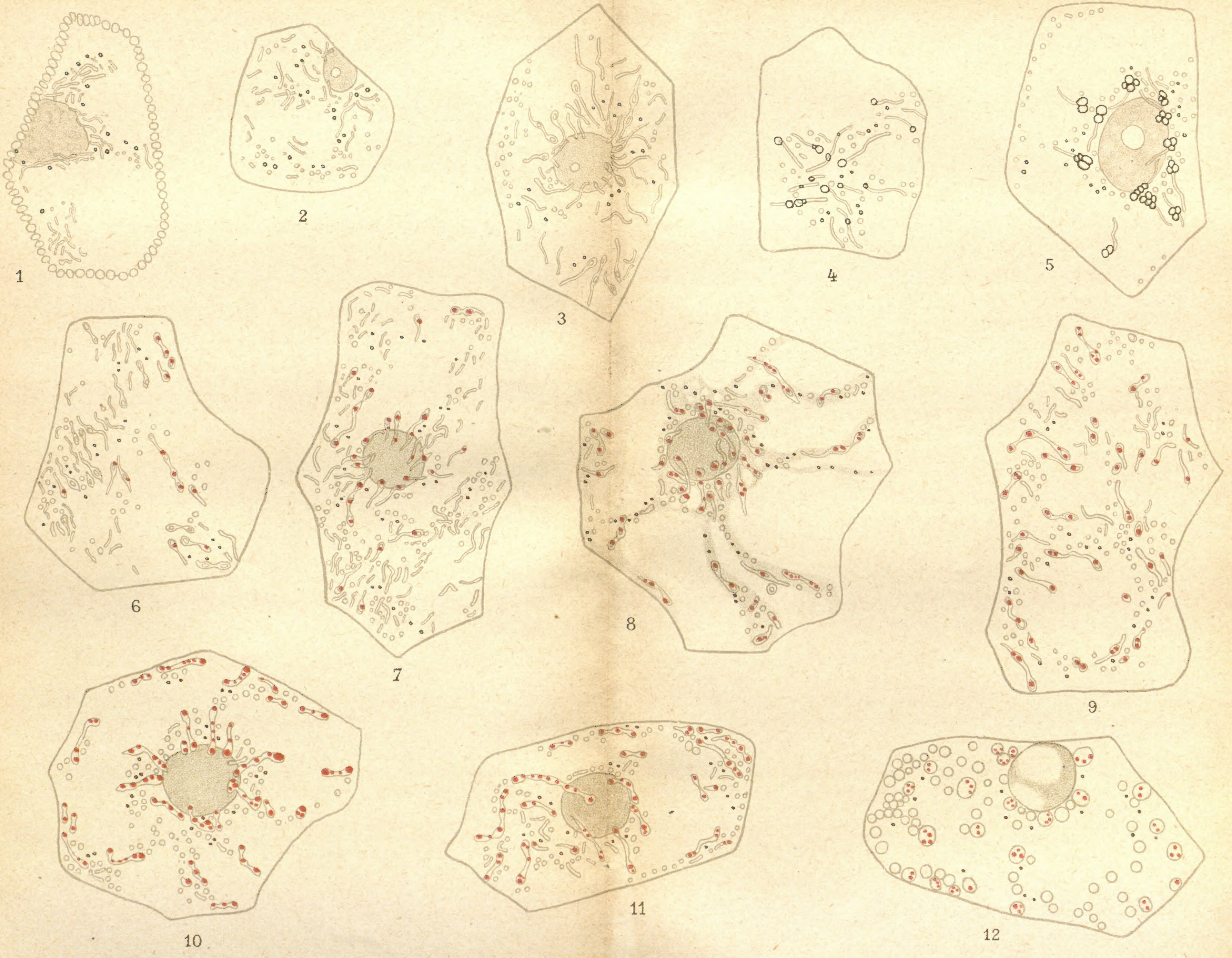
Guilliermond, del. Le Deley, imp.

*Cellules de l'épicarpe du fruit d'Asparagus officinalis*



Guilliermond del.
L. Lafontaine imp.
Boisgontier lith.

CELLULES DE L'ÉPICARPE DU FRUIT D'ASPARAGUS OFFICINALIS

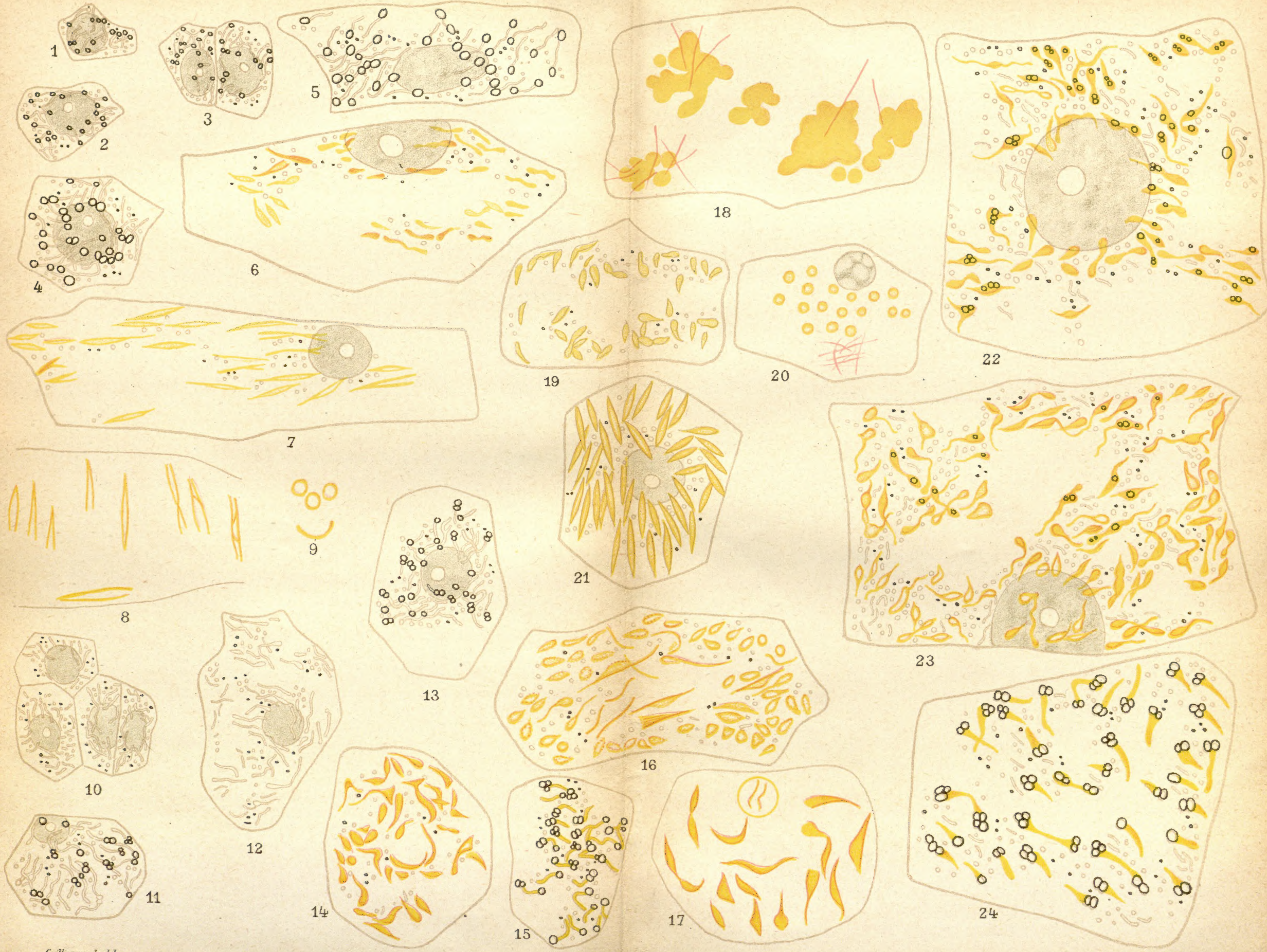

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12

Guilliermond del. L. Lafontaine imp. Boisgontier lith.

CELLULES DE L'ÉPICARPE DU FRUIT D'ARUM ITALICUM

Revue Générale de Botanique

Tome 31 _ Pl. 44 et 44$^{bis}$.

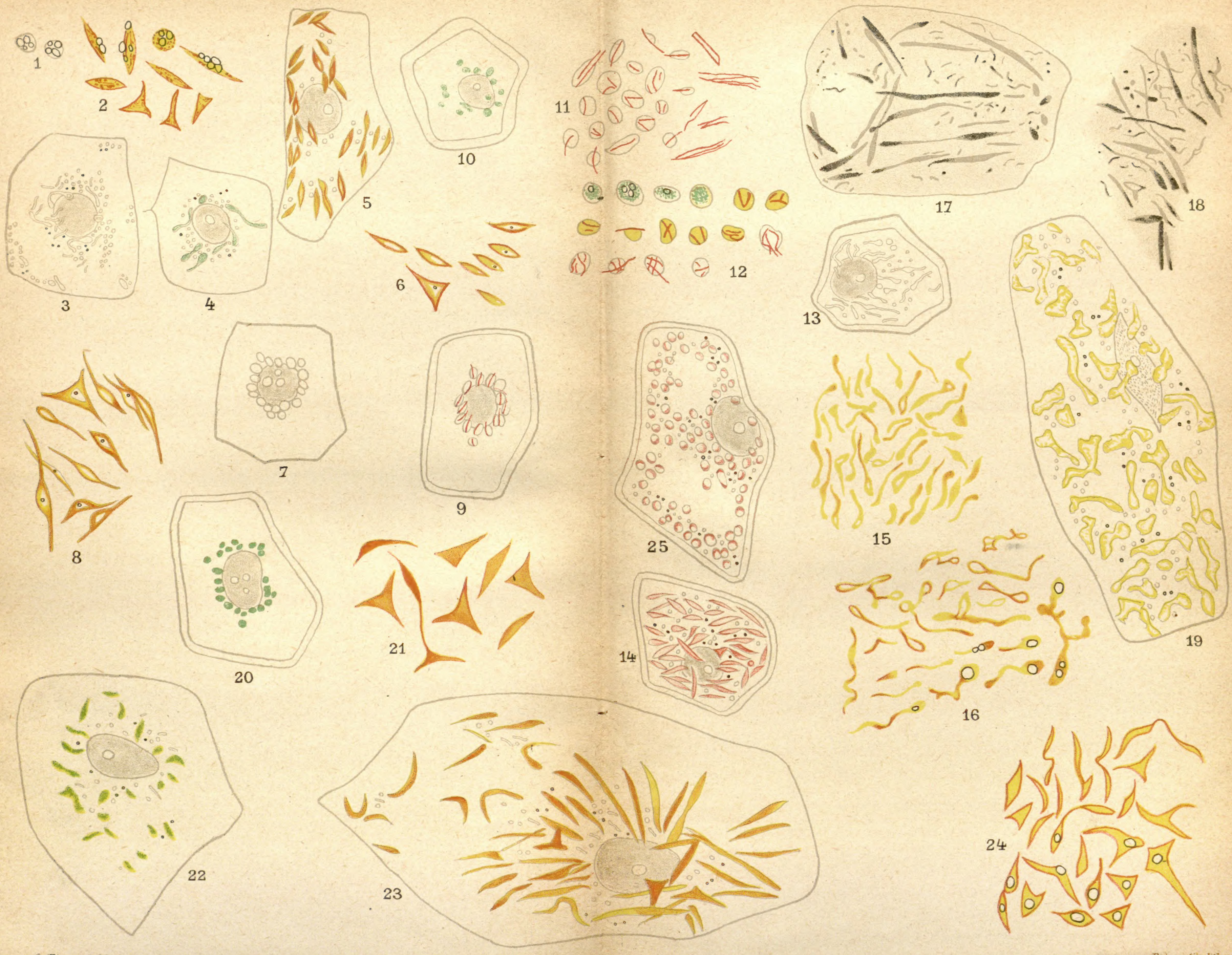

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24

Guilliermond del.

L. Lafontaine imp.

Boisgontier lith.

CELLULES ÉPIDERMIQUES DES PÉTALES D'AMARYLLIS ET DE COURGE


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25

Guilliermond del. L. Lafontaine imp. Boisgontier lith.

CELLULES DE DIVERS FRUITS ET DE FLEURS DE TROPÆOLUM DE BÉGONIA ET DE CANNA